

□ 論 文 □

# 화상처리에 의한 교통류 해석방법에 관한 연구

## A Study on the Traffic Flow Analysis Method by Image Processing

李 鍾 達

(영남대학교 토목공학과 교수)

李 領 昱

(대구전문대학 측지공학과 교수)

目 次

I. 서론

II. 관련연구에 대한 고찰

III. 연구방법의 개요

IV. 화상처리에 의한 교통류 해석

V. 결론

ABSTRACT

Today advanced traffic management systems are required because of a high increase in traffic demand. Accordingly, the objective of this study is to take advantage of image processing systems and present image processing methods available for collection of the data on traffic characteristics, and then to investigate the possibility of traffic flow analysis by means of comparison and analysis of measured traffic flow.

Data were collected at two places of Daegu city and Kyongbu expressway by using VTR. Rear view(down stream) and frontal view(up stream) methods were employed to compare and analyze traffic characteristics including traffic volume, speed, time-headway, time-occupancy, and vehicle-length, by analysis of measured traffic flow and image processing respectively.

Judging from the results obtained by this study, image processing techniques are sufficient for the analysis of traffic volume, but a frame grabber equipped with high speed processor is necessary as well, with low level system judged to be sufficient for traffic volum analysis.

## I. 序論

畫象處理은 고성능 카메라 및 컴퓨터와 소프트웨어로서 영상정보를 기억 및 영상자료를 처리하여 필요한 정보를 얻는 것을 말한다.

交通運營 시스템에 대한 기존의 교통류정보의 수집방법은 루프식 감지기 등을 사용하거나, 화상수집기(VTR등)를 이용하여 모니터를 보고 정보를 얻음으로써 많은 노력이 소요되었고 실시간으로 정보를 얻는데 어려움이 있었다. 따라서 오늘날 주요 간선도로와 고속도로의 교통수요 증가로 인하여 고급 교통운영시스템(advanced traffic management systems)이 요구되고 있다.

화상처리시스템은 도로상의 교통 상황과 어느 지점을 통과하는 차량을 비디오 출력 신호로 받아들이고, 아날로그신호를 디지털신호로 바꾸어 중앙 처리 장치로서 연산 처리하여 總 通過交通量, 車線別 通過車輛의 臺數 및 速度, 占有時間, 車頭時間, 車種區分 등의 교통자료를 실시간적으로 쉽게 획득할 수 있으며 교통분석 자료로서 유용하게 이용될 수 있다. 또한 재래식 장치로 쉽게 얻어질 수 없는 교통밀도(density)와 待機行列의 길이(queue length)와 크기(size) 등과 같은 자료들을 획득할 수 있으며, 시스템 하드웨어로서 쉽게 유지·관리할 수 있기 때문에 道路面에 진공류브나 절연루프를 설치할 필요가 없고 시간과 장소의 제약을 받지 않으며, 此後 분석을 위한 반영구적인 기록이 될 수 있는 많은 장점을 가지고 있다.

이상과 같은 관점에서 본 연구에서는 현재의 交通管制裝置(CCTV등)에 低價의 畫像 처리 장치를 연결하여, 이용 가능한 실용적인 교통제어 자료를 얻을 수 있는 단일 화소방식을 이용한 화상처리 방법을 제시하고 실측 교통류에 대하여 비교·분석함으로써 화상처리에 의한 교통류 해석의 가능성을 제시하는데 목적을 둔다.

## II. 關聯 研究에 對한 考察

1980년대 중반부터 교통운영 시스템의 하나로서 화상처리(VIPS: Video Image Processing Systems)를 이용한 자동화 차량감지 시스템(automatic vehicle detection systems)에 대한 연구가 일본<sup>1)</sup>과 서구 몇몇 선진국(영국, 미국, 벨기에등)<sup>2), 3), 4)</sup>에서 연구되기 시작하였다.

우리나라도 화상처리를 이용하여 교통량을 추정하는 방법을 제시한 예<sup>20)</sup>는 있었지만 교통류 분석에 관한 실험적인 연구논문은 아직 발표되지 않았고, 최근 일부(교통개발연구원, 건설기술연구원 등)에서 실험중에 있다.

교통류 적용을 위한 화상처리(image processing) 방법의 도입은 루프식 감지기와 같은 전통적인 장치들 보다 효율적이며 低價로서 유지·관리하기 쉬운 영상처리의 장점에 기인된 것이다. 이들에 대한 이론적 연구논문의 하나로서 1985년에 발표한 小林成行의 image sensor<sup>1)</sup>는 본 논문과는 다른 방법을 提示 하고있다.

小林成行<sup>1)</sup>은 一次元 센서인 微小 광전소자를 이용한 장치와 二次元 센서인 CCTV 카메라를 이용한 장치에 대한 이론을 발표했는데, 카메라에 광소자의 부착이라는 특수한 처리가 필요한 방법이다.

이론 및 실제 적용에 관한 체계적이고 실용적인 논문은 1989년에 A.Rourke and M.G.H. Bell<sup>2)</sup>에 의해 처음 발표 되었다. 그 후 벨기에<sup>4)</sup>에서 1990년에 발표 되었고 최근 많은 나라에서 연구 및 발표되고 있다.

화상처리 기법에 의한 교통류자료의 획득방법을 연구기법에 따라서 보면 다음과 같다.

### 1) 畫素單位의 處理方法

화상처리의 기본단위인 畫素(pixel)의 강도치(light intensity)의 차이를 대상지점별로 자료수

집을 하여 그 차이로서 목적하는 값을 얻는 방법이다. 강도차이의 계산은 화소간의 산술적 연산을 하여 얻게된다. 즉,

$$r_{ij} = P_{ij} \text{ "operator" } q_{ij}$$

여기서,  $P_{ij}$  는  $i, j$  (또는  $x, y$  위치)에 해당하는 대상화면의 강도치,

$q_{ij}$  는  $i, j$ 에 해당하는 배경화면의 강도치.

로 할 때  $|r| > t$ (임계치; threshold value)가 될 때 해당 화소의 변화가 발생 하였음을 가정할 수 있다.

이러한 화소단위의 처리 방법은 연산과정이 극히 간단하며 측정하고자 하는 화소의 수에 따라 연산 속도가 달라질 수 있다. 따라서 연산 속

도를 고려한 사용목적에 따라 방법에 약간의 차이가 있을 수 있으나 루프감지(loop detection)와 같이 일정한 선을 검사하는 방법(Inigo, 1985 ; Abramczuk, 1984 ; Kudo et al. 1983)<sup>6)</sup>이 주로 이용되어 왔다.

화상처리에 있어서 가장 어려운 문제중 하나가 잡음(noise)의 발생이며, 이러한 잡음을 제거 방법에는 여러 기법이 있으며, 화소 단위 처리를 할 경우 쇼벨 연산자(Sobel operator)〈그림 2.1 (a),(b)〉, 라프라스이안 연산자(Laplacian operator) 〈그림 2.1 (c)〉 등을 이용한 평활화 기법을 이용하는 경우가 많다.

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(a) Horizontal Sobel operator

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(b) Vertical Sobel operator

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

(c) Laplacian operator

$$(c) L = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 - 8P_5$$

〈그림 2.1〉 쇼벨 및 라프라스이안 연산자

그러나, 일반적으로 해상도가 높은 경우 (512 \* 512 이상의 정도) 8주변의 화상강도치가 큰 차이가 없으며, 카메라의 미세진동 등으로 인한 잡음은 차량 등이 차지하는 화소의 수에 비해 8주변의 크기가 작기 때문에 크게 개선 되지는 않는다.

2) 셀(cell) 處理 方法

앞에서 설명된 화소단위의 처리방법은 1점을 기준으로 한 정적이며 지점에 대한 자료라면, 셀

처리방법은 화면의 일부분에 대한 상대적 변화를 추적하는 동적이며 공간적인 자료로 볼 수 있다. 즉 대상화면을 dx, dy 크기를 가지는 격자형으로 셀을 만들며, 배경화면에 대한 셀 변수(edge threshold & difference threshold)와 실험적 실행(training run)을 통해 차량의 유·무)와 움직임을 알기위한 모서리변수(edge parameter)와 값의 차이에 대한 변수(difference parameter)를 설정한다.

(表 2.1) 셀 상태의 판단 기준  
(Neil Hoose : 1991)

	Movement < d-th	d-par ≥ d-th
Edeges < e-th	None	Analyse further
e-par ≥ e-th	stop	Moving

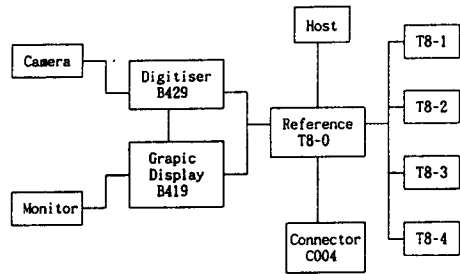
셀 처리방법은 밀도와 같은 공간적 자료의 일부분을 얻을 수 있으나, 복잡한 연산과 연산 하여야 할 대상화소가 많아서 실시간 자료 수집에는 문제가 있다. 따라서 교통제어 등에 이용되기 위하여서는 병렬처리와 같은 고속의 계산 능력을 가진 시스템의 도입이 필요하다.

3) 並列處理 技法

셀 처리기법과 같은 고속의 계산능력을 갖춘 컴퓨터 시스템을 필요로 하는 경우나, 특히 화상처리와 같은 실시간 자료처리가 요구되는 경우 병렬처리 기법이 이용될 수 있다. 병렬처리 기법은 CPU(Central Processing Unit) 외에 여러개의 (2개 이상) 처리장치(processing units)를 이용하여 여러개의 자료를 하나의 명령으로 처리하는 SIMD(Single Instruction Multiple Data)와 여러자료를 여러가지 명령으로 동시 수행하는 MIMD(Multiple Instruction Multiple Data)형이 있다. 영국의 CLIP(Cellular Logic Image Processing)은 각 화소를 각 처리요소(processing elements)에 1:1 대응시켜 공간적 자료수집이 고속으로 처리 가능하게 하였다. CLIP모델은 SIMD형으로 시스템을 직접설계한 것으로 보편적으로 이용되기는 어렵다. 현재 개발된 보편적이고 호환성이 좋은 병렬처리형의 설계는 Inmos社의 Transputer 등을 이용하는 것이 속도면에서 CLIP시스템을 능가할 수 있다(Neil Hoose ; 1991).

本 研究에서는 Transputer시스템(T800 \* 5, Image Processing TRAM, Grapic Display

TRAM 으로 현재 구성된 시스템 ;그림 2.2참고)을 이용하기 위한 기초 연구로서 직렬처리 기법으로 각 시스템의 시험 운용과 화상처리 기법의 기술축적 및 가능성을 제시 한다.



<그림 2.2> 병렬처리에 의한 화상처리

III. 研究方法의 概要

1. 畫象處理 技法의 制約性

화상처리는 짧은 시간에 많은 자료를 처리하여야 되며, 여러가지 촬영조건에 따른 제약이 발생할 수 있다. 이러한 제약요소를 카메라의 위치, 해상도 및 컴퓨터의 처리속도에 의한 内部的 제약성과 날씨, 반사, 촬영시간, 진동 등에 의한 外部的 제약성으로 구분할 수 있다.

1) 内部的인 制約性

화상처리에 이용되는 아날로그 신호를 디지털화 할 때 보통 8-bits 크기로 하며, 화면의 해상도를 512 \* 512 畫素로 본다면 한 화면의 메모리량은 0.25 Mb가 된다. 일반적인 주사방법으로 초당 25개 화면을 처리할때 6.25Mb/sec의 메모리가 필요하다. 만약 매우 간단한 4가지의 연산

즉,  $t_0$  시간의 화면을 읽기,  $t_1$  시간의 화면의 읽기,  $t_1$  화면 -  $t_0$  화면 계산, 결과의 출력을 할 때 6.25 Mb의 4배인 25 MIPS (Million Instructions Per Second)가 소요된다. 따라서 우리가 요구하는 자료가 많고, 요구하는 정도가 높을 수록 이에 반비례하여 처리 속도는 떨어지며 실 시간 자료처리가 불가능하게 된다. 따라서 가능한 간단한 방법으로 자료처리를 하여 높은 정도의 결과가 출력되어야 실용가능한 시스템이 될 수 있다. 이를위해 경우에 따라 여러개의 CPU를 사용하는 병렬처리 기법이 필요하다.

A.Rourke 와 M.G.H Bell<sup>2)</sup>은 차량 感知를 적절하게 하기 위해서는 한 차량의 영상이 최소한 3개의 畫素로 나타나야 한다고 제안했는데, 카메라와 분석 거리의 한계를 79m로 할때 한 畫素가 차지하는 길이는 1.33m가 되며 차량의 최소 길이를 4m로 가정한다면 이 거리를 화상분석의 한계 거리로 둘 수 있다.

Dickinson과 Waterfall<sup>3)</sup>은 카메라의 배열 크기로 부터 해상도의 범위를 계산 하였다. 차량의 크기가 최소 5m 이며 화면에서 3\*3 화소를 차지한다면, 60° 시야를 가져야 하며 높이는 22.5m 이상, 촬영범위는 15m에서 1km가 된다고 하였다. 또한 카메라의 높이는 폐색(occlusion)현상을 줄이기 위해 가능한 높은 위치가 좋으며, 시야(field of view)는 30° 이하가 좋다(Neil Hoose). 그러나 현실적으로 교통관제 시스템의 일부로서 설치된 CCTV는 10m이상 높이가 되는 곳이 거의 없으며, 또한 시야폭도 30° 이하로 좁은곳은 거의 없다. 따라서 현실을 고려하여 장래 교통관제시스템의 일부인 CCTV를 이용하고자할 때 촬영높이를 7~10m로 함이 좋다고 사료된다.

(2) 外部的인 制約性

내부적인 제약성이 촬영조건 및 연산조건에서 일정한 상태를 유지하는 조건이라면 외부적인 제약성은 시간의 경과에 따라 무작위로 또는 일정

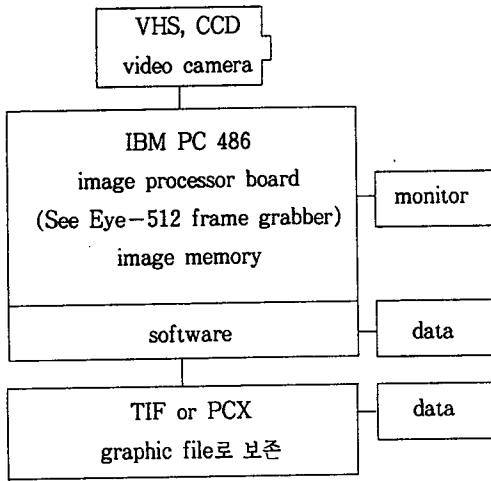
하게 조건이 변화되어 잡음 또는 기타 영향으로 결과가 달라질 수 있는 조건이 된다.

카메라가 촬영도중 바람, 진동 등에 의해 흔들림이 생길수 있으며 이러한 미세진동은 촬영 결과에 잡음(noise)의 성격으로 영향을 미친다. 이러한 잡음을 제거하기 위해 필터링(filtering)기법이나 평활화(smoothing)기법 (2.2 참고)이 사용될 수 있다. 그러나, 本 研究에서는 사전단계로 라프라스안 연산자를 이용하여 평활화를 해 보았으나 해상도가 높은 관계로 크게 개선되지는 않았으며, 평활화 연산으로 인한 처리속도가 현저히 저하되었다. 따라서 해상도가 높아 주변화소(일반적으로 8주변화소)값과 큰 차이 없을때는 잡음에 의한 영향은 작다고 볼 수 있다.

촬영시간에 따른 제약은 야간의 경우가 가장 어려우며, 본 연구에서는 주간을 기준으로 하였다. 야간의 경우 자동차의 전조등의 밝기에 따라 차량의 식별이 가능하며 그 밝기의 강도가 낮 시간과는 반대로 인식되므로 주간을 기준으로 한 연산과정의 일부를 수정하면 가능하다. 그러나 차량의 길이 또는 점유율 등의 자료는 야간의 경우 획득이 불가능하다.

2. 시스템 構成

시스템 구성은 입력부, 처리부, 출력부로 구분할 수 있다. 입력부는 일반 CCD카메라 또는 VHS形式의 카메라로 영상을 받아들이는 부분이며, 처리부에서는 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꾸어 주는 역할을 하고, 출력부는 모니터 또는 화일로 출력시킨다. 화상처리보드인 See Eye-512(제작:(주)건인 시스템)의 입력 신호는 RS-170을 통한 비디오 신호이며, 입력 해상도는 512 \* 480 pixel \* 7 bit gray \* 1 畫面으로 구성된다. 비디오로부터 들어오는 신호는 아날로그 신호이며, See Eye-512 board를 통과하면서 디지털 신호로 바뀌어 컴퓨터에서 소프트웨어에 의하여 분석·처리된다.

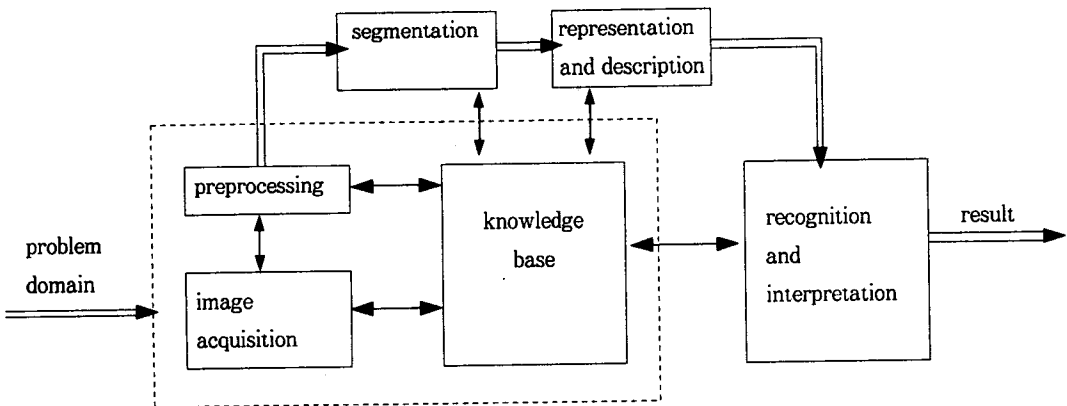


〈그림 3.1〉 畫像處理 시스템 構成圖

3. 研究方法

본 연구에서의 연구 방법은 실험자료로써 대구 직할시의 삼덕네거리 - 경북대학병원사이의 간선도로와, 경부고속도로의 경산-대구 구간의 조사지점을 선정하여 試驗像(image)들을 VHS형의 비데오카메라로 녹화한 후 연구실에서 재생하여 교통류를 화상처리시스템에 연결, 분석 및 실측자료와 비교·고찰하였다.

화상처리 연구의 범위로서 본 논문의 연구는 〈그림 3.2〉에 표시한 부분에 해당하는 基礎的 段階로서 2차원적인 화상해석으로 교통류 분석을 하였다.



〈그림 3.2〉 화상처리의 一般의 段階

자료수집을 위한 카메라 높이는 路面으로 부터 7.5m 로 하였으며, 카메라 시야의 축과 노면에 대한 수직선과의 각도는 72.5° 로 하며 관측범위의 한계는 60m 이상으로 하였다.

실측 교통류의 분석은 timer를 부착시켜 녹화된 자료로 부터, 실내에서 재생하여 수집·입력시킨 자료에 의해 분석함을 말한다. 수집된 실측 교통자료에 대한 통계적 분석을 행하고 통계치에 의한 교통류 파라메타가 결정되면 화상처리 알고

리즘의 기준을 설정한다. 화상처리 과정은 다음과 같은 과정을 거쳐 자료수집을 위한 事前處理 및 事前分析을 행한다.

- ① 간선도로의 교통류를 VHS 비데오 카메라로 녹화한 후 실험실의 VIPS에 연결한다.
- ② 화상입력장치(See Eye-512 image grabber)로 영상을 획득한다(이 장치는 아나로그 화상을 디지털화상으로 바꾸어준다).
- ③ 화상을 저장하여 소프트웨어에 의한 처리를

한다.

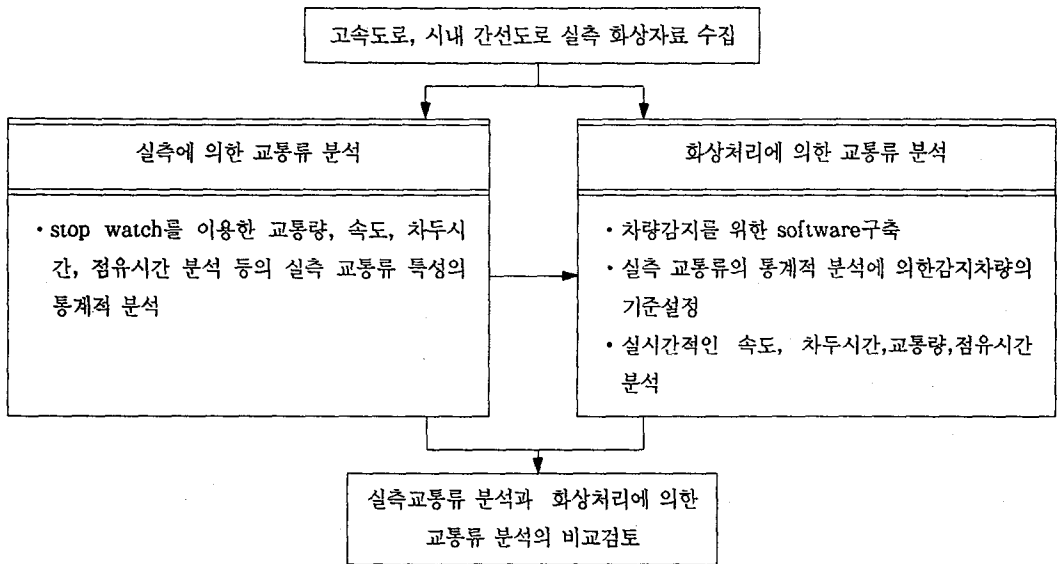
화상처리에 의한 교통류 분석은 실측 교통류에 대한 교통 특성으로 부터 알고리즘의 기준을 얻을 수 있으며, 이에 따라 소프트웨어를 구축한다.

본 연구에서는 화상처리에 의한 교통류 해석으로써 차량을 感知하여 교통량, 시간평균속도, 공

간평균속도, 차두시간, 차종구분등을 분석하였다.

화상처리에 의한 실시간적인 교통류 분석을 행하고 실측 분석자료와 비교한다.

본 논문의 구성 및 연구개요는 <그림 3.3>과 같다.



<그림 3.3> 畫象處理分析 研究 概要圖

#### IV. 畫象處理에 의한 交通流 解析

##### 1. 실측 교통류의 특성 분석

실측 교통류의 분석에서는 각 도로의 교통류에 대한 교통량, 시간평균속도와 공간 평균속도, 차두시간, 점유시간 등의 교통 자료를 차선별로 분석하고 1분 단위 집계와 1시간 단위 집계를 하였다. 분석방법은 고속도로의 경우에는, 차량들이 고속이며 대형차량들이 많기 때문에 20m의 거리의 두지점에 대한 통과차량으로 분석을 하였고, 시내 가로의 경우에는 차량들이 저속이며 소형차

량들이 많기 때문에 측정거리 15m를 통과하는 차량을 대상으로 분석을 하였다. 측정구간의 설정은 화상처리 분석에서도 同一地點이 되게 하였으며 이것은 고속도로와 시내 가로의 차선 표시 규정에 따른 것이다.

고속도로와 시내 가로의 1시간에 대한 분석결과는 <表 4.1>과 같다.

〈表 4.1〉 1시간에 對한 高速道路와 市內 街路의 實測 交通流 分析

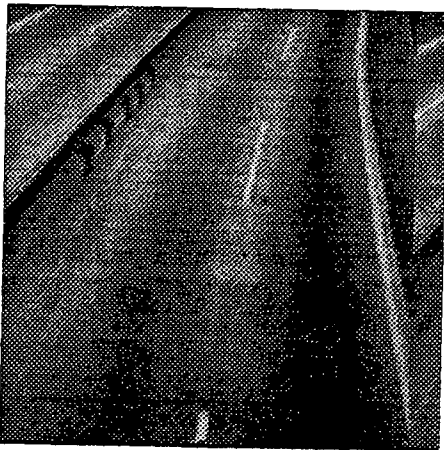
구 분		교통량 (v/hr)	시간평균 속도 (km/hr)	공간평균 속도 (km/hr)	평균 차두시간 (sec)	평균 점유시간 (sec)
고속 도로	1차선	808	118.09	117.07	4.4	0.26
	2차선	640	100.76	100.01	5.9	0.47
시내 가로	1차선	460	52.36	51.60	7.6	0.34
	2차선	423	43.06	42.22	8.3	0.46

2. 畫象處理의 事前分析

1) 畫素分析

화상처리 분석에서 차량 감지를 위한 事前知識을 얻기위해 전체 화상에 대한 화소분석을 행하였다. 고속도로의 배경 화상과 비교대상 화상의 차이를 분석하기 위해 실제 분석대상영역의 두 화상을 TIF화일(Tagged Image File Format) 형식으로 바꾸어 보면, 각각 〈그림 4.1〉과 〈그림 4.2〉로 나타낼 수 있다.

화상처리 보드(See Eye-512)에 의해 분류된 화소의 濃度值(0x00 ~ 0xff)인 0에서 255에 해당하는 값을 가로축에, 각각의 농도치에 해당되는 화소의 빈도를 세로축에 나타낼 수 있다. 히스토그램으로 표시하면 〈그림 4.3〉과 〈그림 4.4〉와 같고, 이것은 차량의 농도치 값에 대한 배경 화상과의 차이를 알 수 있으며 전체적인 화상의 화소치를 쉽게 파악할 수 있으므로 화상처리의 기초자료로 쓰여진다.



〈그림 4.1〉 背景 畫象

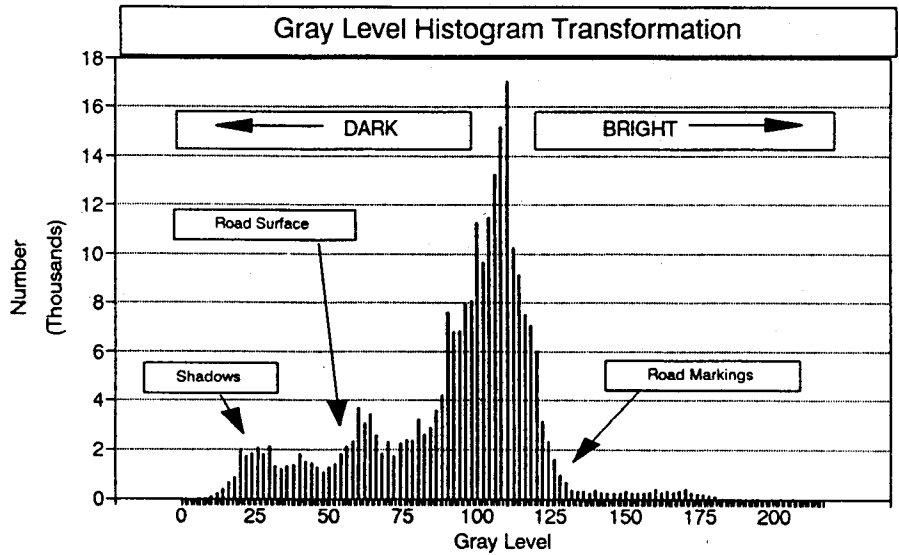


〈그림 4.2〉비교대상 畫象

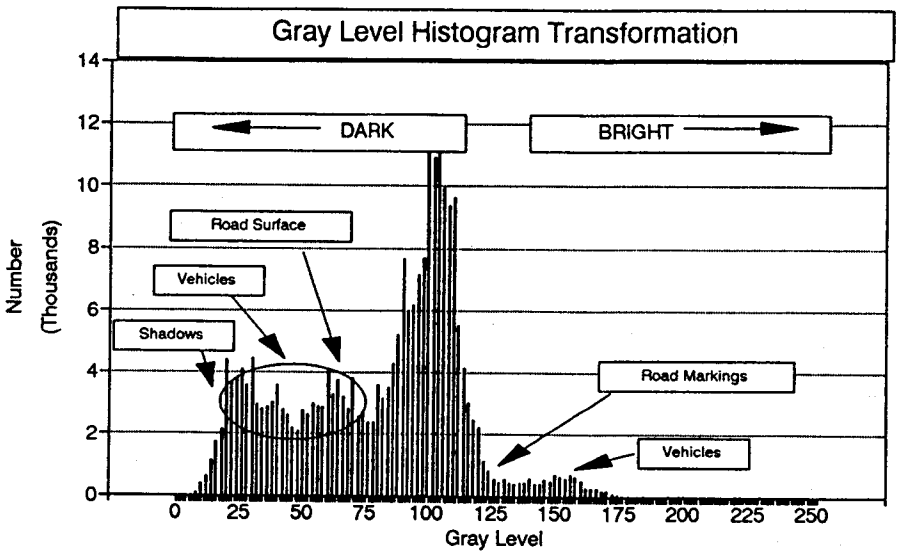
소프트웨어에 의하여 비교대상 화상의 화소치를 분석한 결과 시내 가로의 아스팔트에 해당되는 화소치는  $75 \pm 10$ 의 범위였고, 고속도로 노면의 콘크리트에 해당하는 화소치는  $100 \pm 10$ 의

범위에 해당한다. 이 분석에 의하여 화상처리 알고리즘 작성시 차량 유·무에 대한 한계치를 설정할 수 있다.





〈그림 4.3〉 背景 畫象의 농도치 히스토그램



〈그림 4.4〉 比較 對象 畫象의 농도치 히스토그램

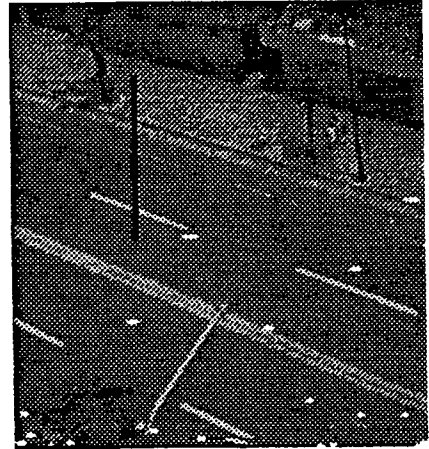
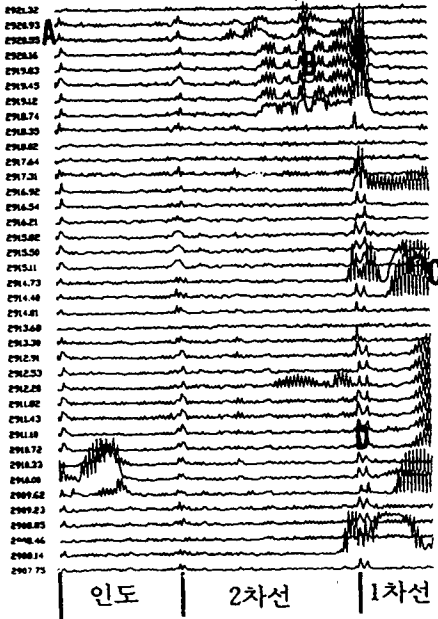
2) 라인별 走査特性 分析

라인별 주사특성 분석은 비교 대상물에 대한

畫素의 강도 변화치를 알 수 있으므로 화상처리  
의 기초자료로서 유용하다. 512 \* 480 畫素화

상은 <그림 4.5(b)>와 같이 TIF화일로 나타낼 수 있다. 여기서 전체 화소에 대한 x, y 좌표 (200, 100)에서 (200, 300)에 해당하는 수직선

(V-line)에 대하여 200개의 畫素에 대한 V-line 특성 분석을 한 결과 <그림 4.5(a)>와 같다.



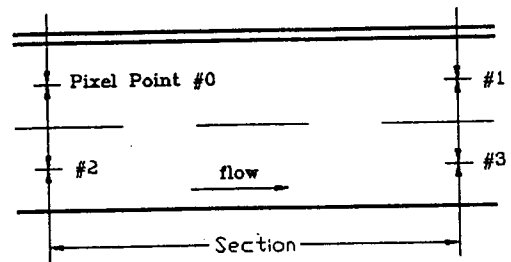
<그림 4.5> (a) 수직 라인에 對한 畫素強度 變化值 (b) 전체화상

200개의 畫素에 대하여 라인 분석을 한 결과, A에서 알 수 있는 바와 같이 한 프레임당 약 0.4 초가 소요되었다. 이 時間은 화소수의 종속값으로, 본 연구의 분석을 위한 화소(6개 기준)에 대해 충분한 값이다. B의 경우는 2차선에서 화소의 강도치가 강한 버스가 통과중일 때 感知되었음을 알 수 있다. C의 경우는 1차선에서 차량이 통과중임을 알 수 있고, D의 경우는 pixel값이 높은 차선임을 알 수 있다.

란하였다. 따라서 <그림 4.6>과 같이 화상의 필요한 지점을 선정하여 임의의 추출분석을 하였다.

3) 畫象의 任意 抽出分析

화상 전체를 분석할 경우 1/30초의 한 프레임은 262Kbyte(512 \* 512 = 262Kbyte)의 메모리가 소요되고 저장 하는데는 한 화면당 18초가 소요되므로 실시간적인 교통정보를 얻기가 곤



<그림 4.6> 畫象의 任意 抽出分析

본 논문의 교통류 분석은 화소 강도의 기준값(threshold value)를 설정하여 실시간 적인 분석으로 화소 강도치 차이의 절대치를 판단하여 0

(기준값에 가까울 때; 차량이 없음) 또는 1(기준값과 一定值 이상의 차이가 있을 때; 차량이 존재)의 이진수 값(binary value)으로 변환, bit-mask에 의해 대상 화소 전체를 16bits(차선당 2개 지점을 기준으로 할때 8개 차선 까지 분석 가능) 범위의 값으로 하여 분석하였다.

〈表 4.2〉 bit-mask 방식에 의한 畫素의 표현

畫素위치 번호	기준 畫素강도	임의 시간의 畫素강도	차량有·無
#0	84	82	0
#1	82	84	0
#2	92	90	0
#3	78	30	1
#4	80	84	0
#5	82	50	1

차량의 유·무를 판정하기 위해 〈表 4.1〉와 같은 기준 화소강도를 얻었을때 임의 시간의 화소강도에 대한 bit-mask 방식의 표현은 다음과 같다.

```
if((abs)(init[i] - getpixel[i])) > TH1 /*
threshold_value */
    is = getpixel[i] = 1;
else is = getpixel[i] = 0;
```

여기서,

init[i] ; 대상 pixels의 기준 화소강도

TH1 ; 한계치(threshold value)

is = getpixel[i] ; 임의 시간의 화소강도

사선처리 분석에 의하여 한계치를 15로 했을 때 차량 유·무에 대한 판별 예는 〈表 4.2〉와 같고 역순으로 입력된 101000과 같은 2진수 값으로 저장 및 연산 된다.

본 논문의 교통량 및 속도분석 등은 특정화면을 임의 추출분석과 bit-mask를 이용함으로써 컴퓨터 용량 및 속도의 문제를 극복하였다. 일반적인 저장 방식으로 하면 4개의 임의 지점에 대

해 한 화소의 강도치는 2byte가 소요되어 1시간 동안의 저장 메모리는 0.864Mbyte(4개 \* 2byte \* (30 frame / 1sec) \* 3600 sec)가 필요하다. 그러나 bit-mask 形式에 의하면 지점 전체의 값이 2byte로 처리되어 최대 1/32까지 메모리가 절약되어 실시간으로 24시간 자료의량이 4개 지점에 대한 경우 4.9Mbyte가 소요된다.

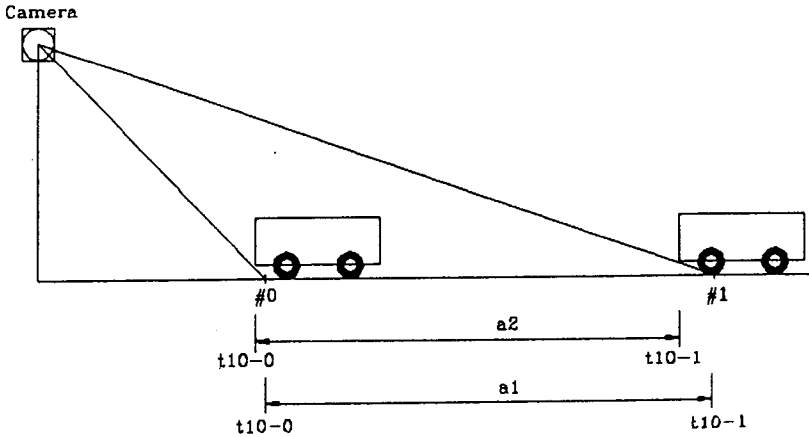
### 3. 畫象處理에 의한 交通流 分析

#### 1) 畫象處理를 위한 基準設定

화상처리 알고리즘 구성을 위하여 차장, 가속도, 점유시간 등의 한계치를 설정해야 하는데, 그것은 폐색(occlusion) 또는 짧은 시간중에 화소강도치의 변화가 심한 경우, 예를들면 車體의 빛이 반사되는 경우 등이 있다. 평균가속도 변화율은 D. L. Gralough and M.J Huber<sup>3)</sup>의 가속도 변화율에 대한 표준편차 0.21~0.46 m/sec<sup>2</sup>(0.7~1.5ft/sec<sup>2</sup>)를 적용시켜 설정하였다.

고속도로에서 시속 120km/hr인 차량이 20m 구간을 통과하는데 소요시간은 0.6초이며, 가속·감속이 동일한 회수로 발생하므로, 가속도 변화율의 평균과 표준편차는  $\mu=0, \sigma=0.21\sim0.46\text{m/sec}^2$ 이 되고 정규 분포에서 95% 신뢰구간에 대한 가속도 변화율의 범위는  $\pm 0.76\text{m/sec}^2$ 이며  $a = dv/dt = (v1 - v0)/(t1 - t0)$ 에서  $v1 - v0 = dt * a = 0.6\text{sec} * 0.76\text{m/sec}^2 = 0.456\text{m/sec}$ 가 된다. 따라서 프레임 갯수는 0.456/0.0579(unit frame)로 계산한 결과는 8회가 된다.

〈그림 4.7〉에서 실거리 a1과 화상에서 감지되는 거리 a2와의 차이(카메라 각도에 따라 다르나 5m로 가정한 경우)를 고려할 때, dv는  $v1 - v0 = 0.76 * 0.76 = 0.578 \text{ m/sec}$ 가 되어 0.578/0.0579(unit frame) = 10회가 되며, 극단적인 경우를 고려하여 1.5배의 값을 적용 15회를 가속도 변화의 한계치로 본다



<그림 4.7> 화상에서의 감지거리의 변화(차량 뒷부분 기준)

<表 4.3> 고속도로에 대한 알고리즘(차량 뒷부분 촬영 기준)

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 하드웨어 초기화</li> <li>2. 감지대상지점의 선정과 마우스 등을 이용한 위치값의 입력 (전체지점수=차선수×차선당 2개지점)</li> <li>3. 분석시간 종료시까지 해당지점의 화소값을 연속적으로 받아들인다.</li> <li>4. 해당 화소값과 배경화면 화소값의 절대값 차이가 15이상일 때 차량의 유·무(p=1,0)로 간주한다.</li> <li>5. 전체 지점수에 대한 (m+1)만큼 연산자이동(&lt; &lt;)을 하여 자료를 일련으로 하는 16bit 값 is를 자료 화일에 저장한다. 이렇게 하면 지점당 1bit를 차지하므로 (1/지점수)만큼의 화일크기로 줄일수 있다.</li> <li>6. 자료화일의 크기를 자료분석시간으로 나누어 자료 한개당 실시간 간격으로 단위시간을 계산한다.</li> <li>7. 자료화일의 자료에서 16bit 값을 지점별 1bit값으로 변환시킨다. 동시에 지점(m)별 현재 bit값(p<sub>i</sub>=1 or p=0)과 바로 전단계의 bit 값 p<sub>0</sub>[m]을 비교하여 해당시간 t<sub>01</sub>[m][i] 또는 t<sub>10</sub>[m][i]를 계산한다.</li> </ol>	<p>SE-init(), SE-disp(GRAB) 등의 함수이용 MouseReset() 등 Mouse관련 함수와 SE-getpixel(x, y) 함수 등을 이용</p> <p>i[m]=SE-getixel(x-pos[m], y-pos[m])</p> <p>if((abs)(i[m]-init-i[m])&gt;15) p=1; else p=0;</p> <p>k=p&lt;&lt;(m+1);</p> <p>is=is+k</p> <p>fputc(is, stream)</p> <p>The timing diagram shows two signal traces. The top trace, labeled '#m point', is a square wave that transitions from 0 to 1 at time t<sub>01</sub> and back to 0 at time t<sub>10</sub>. The bottom trace, labeled '#m+1 point', is a square wave that transitions from 0 to 1 at time t<sub>10</sub> and back to 0 at time t<sub>01</sub>. Vertical dashed lines indicate the time points t<sub>01</sub> and t<sub>10</sub>. Labels '차량 유' (car present) and '차량 무' (car absent) are placed next to the high and low states of the signals respectively.</p>
---	---

8. <그림 4.7>에서 차량의 뒷부분이 두지점을 통과하는데 소요되는 시간(a1), 차량의 앞부분이 통과하는데 소요되는 시간(a2), 차량의 길이가 m+1점을 통과하는데 소요되는 시간(a3), 차량길이가 m점을 통과하는데 소요되는 시간(a4)를 계산한다.

9. 자료화일(8번 단계에서 계산된 a1, a2, a3, a4의 값)에는 잡음(기계적 잡음, 카메라 진동, 빛의 반사, 차량의 밝기가 불연속적인 경우 등)이 포함되어 있으므로 여러가지 사전분석자료에서 얻은 조건으로 다음과 같이 이들 잡음(noise)을 제거한다.

- 순서조정으로 인한 a1, a2가 음수일때를 제외시킨 후 8번단계(trip)로 돌아감
- 최저속도 이하로 주행하는 경우 제외
- 최고속도 이상으로 주행하는 경우 제외
- 위 세가지에 의한 순서조정으로 a3, a4가 음수가 될 경우 제외
- 차량의 점유시간이 한계치를 초과할 경우 제외
- 차량이 한계치를 초과할 경우 제외
- 가속도 변화율이 한계치를 초과할 경우 제외

10. 잡음이 제거된 상태의 t01[m], t10[m]등의 값으로 교통자료의 계산에 바로 이용가능.

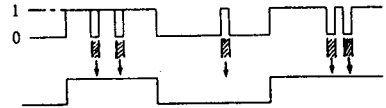
$$a1 = t10[m][i10] - t10[m+1][i10];$$

$$a2 = t01[m][i01] - t01[m+1][i01];$$

$$a3 = t10[m+1][ii10] - t01[m+1][ii01];$$

$$a4 = t10[m][i10] - t01[m][i01];$$

#m point



noise부분을 제외시킨다

```

if(a2 <= 0) {ij01[m]++; goto trip;}
if(a1 <= 0) {ij10[m]++; goto trip;}
if(float)a2 > 1-limit) {ij01[m+1]++; goto trip;}
if(float)a2 > u-limit) {ij01[m+1]++; goto trip;}
if(a4 <= 0) {ij10[m]++; goto trip;}
if(a3 <= 0) {ij10[m+1]++; goto trip;}
if((float)a3 * dt > 2.5) {ij01[m+1]++; goto trip;}
if((float)a4 * dt > 2.5) {ij01[m]++; goto trip;}
if(a3 > 50 * (dist/a2/dt) / 3.6 * dt) {ij01[m+1]++; goto trip;}
if((a1 - a2) > 15) {ij10[m+1]++; goto trip;}
if((a2 - a1) > 15) {ij01[m+1]++; goto trip;}
    
```

점유시간 및 차량의 한계치 결정요소는 실측 교통류 분석에서  $\mu = 12.63m$ ,  $\sigma = 6.52m$ 로 나타났을때 정규분포의 신뢰구간 95% 범위에서 1.5배한 23m의 대형치는 34m로 결정되었다. 점유시간의 한계치 요소는 위에서 구한 34m주행차량의 최대 점유시간 2.5sec를 고려했다. 위와 같은 기준을 정하여 설정한 알고리즘은 <表 4.3>과 같다.

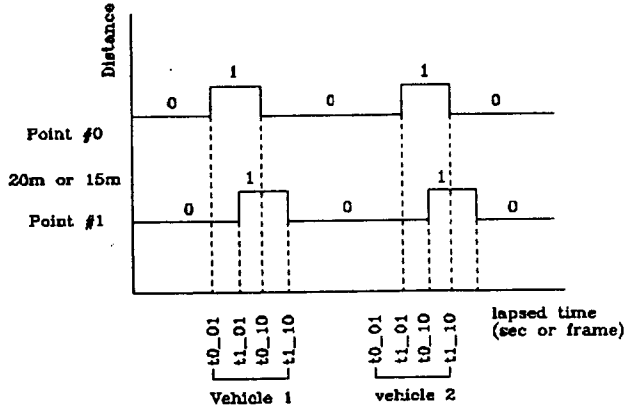
## 2) 交通流 特性分析

### 가) 交通量 分析

화상처리에서의 교통량 분석은 <그림 4.8>과 같이 두 지점을 통과하는 차량을 計數함으로써 얻어진다. 두 지점간의 조사 거리는 차량을 자동적으로 계수할 수 있게 하기 위하여 분석대상 화면내에서 각각의 차선에 對한 조사지점들을 마우스로 끌어내어 위치선정을 하였다. 조사지점에 대한 차량감지를 하기 위하여, 데이터를 수집하기

전에 (4.2.1)절의 화소분석에서 얻어진 적절한 한 계치를 확보한다. 이상과 같은 방법으로 고속도로와

시내 가로에 대한 각각 1시간 동안의 차선별 교통량을 분석한 결과 <表 4.4>와 같이 나타났다.



<그림 4.8> 조사지점에 대한 차량 감지(차량 뒷부분 기준)

<表 4.4> 차량 뒷부분 기준 방식으로 한 1시간의 교통류 분석과 實測値의 비교

( )<sup>1</sup> : 차선변경을 제외한 교통량, ( )<sup>2</sup> : ( )<sup>1</sup>에 대한 예러율(%)

구 분		교통량 (v/hr)	시간평균 속도 (km/hr)	공간평균 속도 (km/hr)	평균 차두시간 (sec)	평균 점유시간 (sec)	
고속도로	1 차선	실측치	808(794) <sup>1</sup>	118.09	117.07	4.4	0.26
		VIPS	756(4.8) <sup>2</sup>	108.23	105.06	4.8	0.28
도로	2 차선	실측치	640(631)	100.76	100.01	5.9	0.47
		VIPS	611(3.2)	88.41	85.93	6.0	0.48
시내 가로	1 차선	실측치	460(441)	52.36	51.60	7.6	0.34
		VIPS	423(4.1)	51.44	51.01	7.9	0.35
도로	2 차선	실측치	423(408)	43.06	42.22	8.3	0.46
		VIPS	397(2.7)	40.03	39.57	9.0	0.46

고속도로의 차선별 교통량에 대한 대부분의 예러는 대형차에 의한 차량의 가림현상과 두 분석 지점을 차량이 차선변경하여 통과하는 경우였다.

나) 速度 特性 分析

본 연구에서 속도분석은 <그림 4.8>과 같이 각각의 차선에 대하여 두 조사지점을 통과하는데 소요되는 프레임의 갯수에 따른 시간함수에 의해

얻어진다. <그림 4.8>에서 차량은 화소 point #0와 화소 point #1(2차선의 경우 #2와 #3)을 통과하는 동안의 프레임 갯수이며, 4.3.1)절의 기준설정에서 얻어진 프레임 갯수 8이하는 생략했다.

속도 분석에서는 차량의 진행방향에 따라 하향 흐름(down stream)일때는 차량의 뒷부분 기준

(rear view), 상향흐름(up stream)일때는 차량의 앞부분 기준(frontal view)방식이 되어야 한다. <그림 4.7>과 같이 하향 흐름에서 차체의 앞 끝을 기준으로 분석할 경우에는 통과지점의 위치에 따라서 많은 영향을 받는다. 이와같은 예로서 분석할 경우 “도로구조령 해설”을 참고하여 소형차의 높이가 1.7m일 때, 본 연구에서 고속도로의 속도조사 지점(#0-#1)의 거리는 20m 였고, 카메라의 높이는 7.5m, 카메라의 각도는 72.5° 로써 분석을 하였을 때, <그림 4.7>에서 나타난 것과 같이 #0 point에서 #1 point로 이동되는 차량의 앞부분에 대하여 분석할 경우 차량이 실제 이동한 거리는 a2로 나타낼 수 있는데, 실거리보다 작은 15.47m가 되며 차량의 높이가 2.5m 이상인 대형차의 경우에는 13.00m로 더욱 짧게 나타났다. 따라서 차량의 後尾를 기준함으로써 실제 이동한 거리는 a1으로 분석되어 오차를 줄일 수 있었다.

다) 車種 및 占有時間 分析

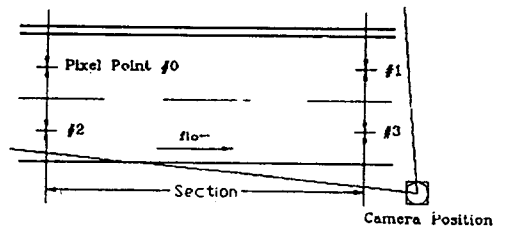
차량의 점유시간(time occupancy)은 대상으로 하는 어느 한 地點을 하나의 차량이 통과하는데 소요되는 시간으로, 차종과 속도 및 점유 시간은 서로 밀접한 관계가 있다. 고속도로와 시내 가로의 1시간 동안의 차선별 평균점유시간은 <표 4.4>와 같이 나타났다. 점유시간은 교통량-속도-밀도(Q-V-K)관계에 매우 큰 역할을 하는 요소이다. <표 4.4>에서와 같이 2차선의 점유시간이 많은 것을 볼 수 있는데, 대체적으로 대형차들의 통행이 많고, 低速때문인 것으로 판단된다.

차량 진행 방향에 대하여 카메라를 차량 뒷부분 기준 방식으로 촬영한 고속도로와 시내 가로의 각각 1시간 동안의 차선별 분석과 실측치를 비교하면 <표 4-4>와 같다.

라) 차량 앞부분 기준 방식에 의한 個別車輛의 比較分析

실측자료와 VIPS 분석자료의 비교는 개별차량을 기준으로 할때, VIPS에서는 삭제된 자료(차선변경, 폐색현상 등에 의하여)가 많고, 1시간에 대한 비교는 어려우므로 20분 동안의 차량에 對한 교통량, 속도, 차두시간, 점유시간 및 車長을 비교한다.

차량진행 방향에 대하여 카메라를 <그림 4.9>와 같이 차량 앞부분 기준 방식으로촬영한 고속도로와 시내 가로의 각각 20분 동안의 차선별 분석과 실측치를 비교하면 <표 4.5>와 같다.



<그림 4.9> 차량 앞부분 기준 방식에 의한 車輛感知

(1) 고속도로 1,2차선의 속도에 대한 실측치와 비교·분석한 결과, 실측치의 평균속도는 각각 102.09km/hr, 89.91km/hr였으며, 화상처리로 분석된 속도는 각각 108.64km/hr, 88.31km/hr였다. 개별 차량에 대한 실측자료와 VIPS사이의 비교는 <그림 4.10>에 나타나 있으며, 상관계수(r)는 0.66이며 시내가로 보다는 精度가 낮게 나타났다.

〈表 4.5〉차량 앞부분 기준 방식에 의한 20분간의 交通流 分析和 實測值의 比較

( ) 1 : 차선변경을 제외한 교통량, ( ) 2 : ( ) 1에 대한 에러율(%)

구 분		교통량 (v/hr)	시간평균 속도 (km/hr)	평균 차두시간 (sec)	평균 점유시간 (sec)	평균 차량길이 (m)	
고속도로	1 차선	실측치	426(419) <sup>1</sup>	102.09	2.8	0.38	10.67
		VIPS	404(3.6) <sup>2</sup>	108.64	2.8	0.35	9.62
도로	2 차선	실측치	242(237)	89.91	4.9	0.53	12.67
		VIPS	230(3.0)	88.31	5.0	0.52	11.71
시내가	1 차선	실측치	160(151)	52.44	7.3	0.34	4.85
		VIPS	146(3.3)	50.62	7.3	0.42	5.23
로	2 차선	실측치	173(163)	43.06	7.2	0.42	5.61
		VIPS	160(1.8)	42.13	7.2	0.44	5.80

시내가로 1,2차선의 속도에 대한 실측치와 비교·분석한 결과, 실측치의 평균속도는 각각 52.44km/hr, 43.06km/hr였으며, 화상처리로 분석된 속도는 각각 50.62km/hr, 41.13km/hr였다. 개별차량에 대한 비교는 〈그림 4.11〉에 나타내었고, 상관계수(r)는 0.82로서 고속도로 보다는 높은 것으로 나타났으며, 이것은 시내가로의 통과 차량이 비교적 속도가 낮기 때문에 분석 精度가 높은 것으로 판단된다.

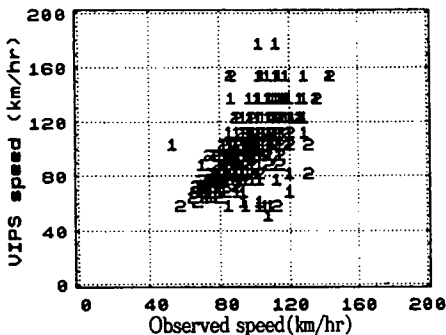
(2) 고속도로 및 시내가로의 1,2차선에 대한 차두 시간 분석결과는 〈表 4.5〉에 나타내었다.

1,2차선에 대한 실측치와 비교·분석한 결과,

고속도로의 경우 실측치의 평균 차두시간은 각각 2.8sec, 4.9sec였으며, 화상처리로 분석된 평균 차두시간은 각각 2.8sec, 5.0sec였다. 시내가로의 경우, 실측치의 평균 차두시간은 각각 7.3sec, 7.2sec였으며, 화상처리로 분석된 평균 차두시간은 각각 7.3sec, 7.2sec였다.

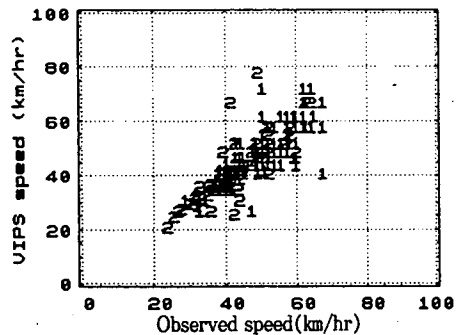
개별 차량에 대한 차두시간의 비교는 〈그림 4.12〉와 〈그림 4.13〉에 나타내었고, 실측치와 화상처리 자료의 상관 계수는 둘다 0.99로서 설명력이 거의 100%가 됨을 나타내 주고 있다. 이것은 교통 자료를 얻기위한 화상처리 시스템의 발전 가능성을 잘 제시 해주고 있다.

Plot of VIPS vs Observed speed  
1st & 2nd lanes of highway(r=0.66)



〈그림 4.10〉 고속도로 1,2차선의 속도에 대한 실측치와의 비교

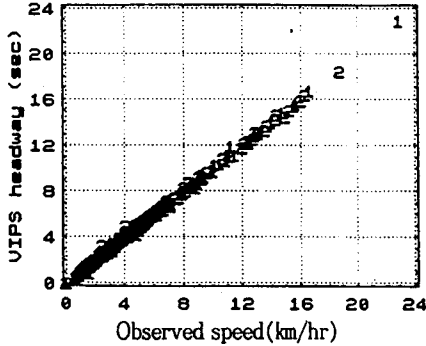
Plot of VIPS vs Observed speed  
1st & 2nd lanes of street(r=0.82)



〈그림 4.11〉 시내가로 1,2차선의 속도에 대한 실측치와의 비교

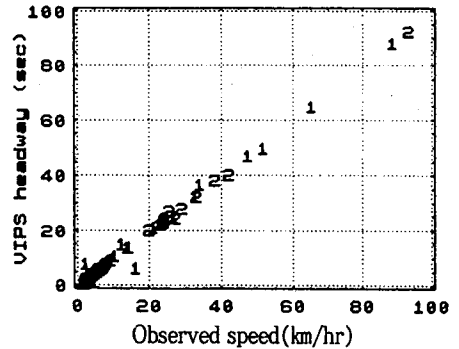


Plot of VIPS vs Observed headway 1st & 2nd lanes of highway( $r=0.99$ )



〈그림 4.12〉 고속도로 1,2차선의 차두시간에 대한 실측치와의 비교

Plot of VIPS vs Observed headway 1st & 2nd lanes street( $r=0.99$ )



〈그림 4.13〉 시내가로 1,2차선의 차두시간에 대한 실측치와의 비교

4. 分析結果의 考察

조사지점에서 교통류에 대한 카메라 촬영시, 차량 진행방향에 대하여 차량 뒷부분 기준 방식으로 했을때 〈表 4.4〉에서와 같이 분석 되었으며, 고속도로와 시내가로에 대한 차량들의 차선변경은 각각 1.6%, 3.9%로 나타났고, 교통량에서의 에러율은 각각 4.1%, 3.4%로 분석 되었으며, 에러의 대부분은 카메라의 각도에 의한 차량의重複 및 차량들의 폐색에 기인한 것으로 추정된다.

속도에서의 오차는 감지거리의 변화와 차량의 중복현상, 차량 뒷부분의 형상변화에 따른 오차, 예를 들면 화물차량의 화물 적재여부 등으로 인하여, VIPS 평균속도가 고속도로와 시내가로에서 각각 11km/hr, 1km/hr 낮게 분석 되었다.

차량 앞부분 기준 방식으로 했을때 〈表 4.5〉에서와 같이 분석되었다. 고속도로와 시내가로에서 차선변경율(각각 1.8%, 5.7%)제외하면 교통량에서의 에러율은 각각 3.4%, 2.5%로 나타났고, 평균속도에서의 오차는 고속도로 1차선의 경우 VIPS 분석결과가 6.6km/hr 높게 나타났으며, 고속도로 2차선과 시내가로의 경우(실측 분석치와의 오차 1.8km/hr이내)보다 精度가 낮은 것은, 고속도로 1차선을 주행하는 차량들의 대부분

이 소형차들이며 또한 고속주행으로 인하여 정확한 프레임 값을 얻지 못한 것으로서, 화상처리의 속도와 관계가 깊은 것으로 생각된다. 따라서 속도 분석을 위해서는 고속 처리능력을 가진 하드웨어의 필요성이 고려된다.

차두시간의 분석은 실측치와의 상관계수  $r$ 값이 0.99이상으로 높은 精度로 분석되었다. 점유시간 및 차량길이의 분석은 카메라의 위치에 절대적으로 지배되며, 본 연구에서는 현재 운용되는 CCTV의 위치와 유사하게 설치하였는데 정확한 분석이 불가능 하였다. 결국 CCTV의 설치 위치가 바람직하지 못하며, 가능한 높은 위치에 설치하여 카메라 각도의 범위를 넓히는 것이 운용에 매우 도움될 것으로 판단된다.

카메라 촬영시 진동과 빛의 반사를 최대한 억제시켜야만 분석오차를 줄일 수 있으며, 야간 또는 일기가 나쁜 경우는 차량을 감지할 수 있는 적절한 한계치를 결정하여야 한다. 또한 도로면과 차량의 화소치가 같은 경우는 차체의 앞·뒤 유리창에 의하여 차량이 감지되어 교통량 분석에는 양호한 결과를 얻을 수 있지만, 속도 및 차량길이 등의 분석에는 많은 오차를 유발한다. 따라서 본 연구에서는 최대 속도, 최소 차장, 최대 가속도

변화율 등의 사전분석 자료를 이용하여 이러한 오차를 최소화 시키기 위해 <表 4.3>과 같은 연산을 하였다.

본 연구의 분석결과를 외국 문헌자료<sup>6)</sup>와 비교한 결과는 <表 4.6>과 같다. 외국의 경우와 비교할때, 교통량의 분석은 만족한 결과를 얻었으며, 속도 및 점유시간 등의 비교는 분석방법이 相異하여 비교가 어렵기 때문에 <表 4.5>와 같이 실측 분석자료와 비교하였다.

본 연구결과와 교통량 및 기타 분석 자료의 예리는, 카메라의 각도와 두 분석 지점간의 거리조절, 그리고 소프트웨어의 보완으로 줄일 수 있다. 교통류 촬영시 카메라의 높이와 각도는 차량의

중복현상과 차량길이 등의 오차에 많은 영향을 주는 요인이 되며, 차량감지에 직접적으로 관계된다. 영국<sup>6)</sup>에서의 경우를 보면 7.5m의 높이에서 촬영하였으며, 그 때 카메라의 視野軸과 노면에 대한 각도는 67.5° 였다.

본 논문에서는 대형차에 의한 차량가림 현상을 피하고 카메라의 시야확보를 위해 카메라 높이는 7.5m이상(경부고속도로 육교의 높이)으로 하였으며, 각도는 72.5° 정도로써 촬영하였다. 연구결과 가능한 한 카메라의 높이는 높을 수록(최소 7m이상) 좋으며, 각도는 70±5° 가 적당한 것으로 판단된다.

<表 4.6> 畫像處理에 依해 發表된 主要 研究 結果들과의 比較

(N.A ; Not Available)

reference	flow	speed	occupancy
accuracy (%)			
Dods J.S.(1984)	97	N.A	N.A
Dickinson K.W.& Waterfall R.C. (1984a) urban	99.2	92.1	86.8
motorway	99.0	83.1	74.4
Takaba S.& Ooyama N.(1984)	94	N.A	N.A
Rourke A.& Bell M. (1988)	91-99	N.A	N.A
Versavel J. et al. (1989)	96	84-92	96
This Study	95.9- 97.5	N.A	N.A

차량들의 진행방향에 대한 카메라 촬영 방식에서의 분석결과를 비교해 볼때, 차량 앞부분 기준 방식으로 했을 때의 결과치가 교통량 분석, 속도 분석 등에서 더 높은 精度를 얻을 수 있었다. 이것은 차량 흐름에 대한 촬영방향에 따라 感知되는 거리의 오차 및 차량 重複현상에 의한 차량중복 오차를 줄일 수 있었기 때문이다.

또한 카메라를 街路옆에 설치대를 두어 촬영한다면 더 좋은 結果를 얻을 수 있으며, 분석 지점간의 거리는 도로의 여건에 따라 달라질 수 있는데, 그것은 차량들의 평균 속도에 기인된 것이다.

두 지점간의 거리는 정확한 속도 분석을 위해서는 길어야 하지만, 차선변경 등에 따르는 에러를 유발할 수 있으므로 적당해야 한다. 따라서,

본 논문에서는 고속도로의 경우 20m, 시내가로의 경우 15m로써 분석 하였다.

실 시간(real time)적인 분석을 하기 위하여 화소의 강도(256 gray level)를 0,1(차량의 유무)의 2진수 값으로 연산 및 처리하였다. 또한 컴퓨터의 용량(한 프레임을 저장하는데 256 Kbyte 소요)을 극복하기 위하여 화상을 임의 추출분석 하였다.

교통자료의 분석에 소요되는 시간을 비교하면, 녹화된 교통류를 3명의 인원이 수작업으로 분석하는 경우 실시간보다 16배의 시간이 소요된 반면, 화상처리를 이용한 분석은 실시간적인 분석이 가능하였다.

### V. 結論

화상처리에 의한 교통류 분석을 대구직할시 삼덕네거리와 경북대학병원 구간의 간선도로와 경부 고속도로의 경산-대구 구간에 대하여, 각각 차량 뒷부분 기준 방식에 의하여 평일 오후시간 대의 1시간과 차량 앞부분 기준 방식에 의하여 20분간의 교통류에 대하여 분석하였다.

차량 뒷부분 기준 방식으로 분석한 결과, 고속도로와 시내 가로에서 교통량에 대한 에러율은 각각 4.1%(58/1425), 3.4%(29/849)로 분석되었으며, 평균속도에 대해서는 실측 분석치보다 화상처리에 의해 분석한 결과치가 각각 11km/hr, 1km/hr 낮게 분석되었다.

차량 앞부분 기준 방식으로 분석한 결과, 고속도로와 시내가로에서 교통량에 대한 에러율은 각각 3.4%(22/656), 2.5%(8/314)였으며, 평균속도는 고속도로 1차선 에서는 실측치보다 7km/hr 높게 분석되었고, 고속도로 2차선과 시내가로에서의 실측치와의 오차는 1.8km/hr以內的 결과를 얻었다.

카메라 촬영 방식에서의 분석결과를 비교해 볼 때, 차량 앞부분 기준 방식에 의한 교통량 분석,

속도 분석에서 精度가 높았다.

두 종류의 방식에 대한 차두시간의 분석을 실측치와 비교해 보면 상관계수(r)는 0.99로서 높은 精度로 분석되었으나 점유시간, 차량길이의 분석 결과치는 낮은 精度로 분석 되었다.

본 연구에서 사용된 현재의 시스템은 등급이 낮은 저가의 프레임 그레버(frame grabber)이며, 교통량과 속도 분석을 제외한 기타자료(밀도, 점유시간, 차량궤적 추적 등)는 고속의 프레임 그레버를 사용하거나 병렬처리 방식을 채택하여야 한다.

본 연구 성과는 AMTS의 실시간 교통정보 수집방법의 하나로써 국내에서는 처음으로 화상처리 기법의 가능성을 비교·조사한 연구로 차후 이분야의 연구에 도움이 될 것으로 판단된다.

### 감사의 글

이 논문은 영남대학교 공업기술연구소의 교비 연구비 지원으로 수행된 연구로 연구비 지원을 해 준 학교 당국에 감사 드립니다.

### 參 考 文 獻

- 1) 小林成行, Image Sensor, 交通工學研究會 (日本) Vol 20
- 2) A.Rourke and M.G.H Bell, Traffic Analysis Using Image Processing, Traffic Control Methods, 1989, pp.1-15
- 3) Alpios E.Chatziioanou and Edward C. Sullivan, Testing and Feasibility of Traffic Detection, Applications of Advanced Technologies, 1991, pp.96-100
- 4) F.De Jaegere et al., CCATS: Image Processing-based Traffic Sensor, Traffic Engineering Control, Vol 31, 1990, pp.82-

- 86,371-375
- 5) Daniel L. Gerlough and Matthew J. Huber, Traffic Flow Theory, Transportation Research Board National Research Council, 1975, pp.101-106
  - 6) Neil Hoose, Computer Image Processing in Traffic Engineering, Research Studies Press LTD., 1991
  - 7) Panos G.Michalopoulos, Incident Detection Through Image Processing, ASCE(TE) Applications of Advanced Technologies, 1991, pp.101-105
  - 8) A.Rourke and M.G.H Bell, Traffic Queue Detection Using Image-Processing, ASCE(TE) Applications of Advanced Technologies, 1991, pp.106-110
  - 9) Frans Lemaire and Marc coussment, Report of DEVLONICS Video Based Traffic Detector System, ASCE(TE) Applications of Advanced Technologies, 1991, pp.111-115
  - 10) Bruno Daviet and Jean Morin, Video Image Processing for Toll Operation Evaluation, Applications of Technologies, 1991, pp.353-357
  - 11) 이 문호, PC를 이용한 晝像處理, 技多利, 1992
  - 12) Roger T.Stevence, Graphics Progrmming in C, M&T Publishing.Inc., 1992, pp.314-319
  - 13) Ben Ezzel, Graphics Programming in Turbo C 2.0, Wesley Publishing Co., 1988, pp.102-109, 383-432
  - 14) Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company, 1992, pp.1-19, 161-251
  - 15) 도 철웅, 交通工學 原論, 淸文閣, 1989, pp.113-122
  - 16) R.E.Chandler, R.Herman, & E.Montroll, Traffic Dynamics-Studies in Car Following, Ope.res.Vol.6, No.2, 1958, pp.165-184
  - 17) Katsunori Inoue and Wonchan Seo, Cooperative Parallel Processing for Object Detection under Sever Outdoor Condition, IOS press, 1993.
  - 18) J. Waller and Xuehua Shi, Transputer Interface for real-time TOMOGRAPHIC analysis of plasma interferometric measurements, IOS press, 1992.
  - 19) W. Trier and K. Fuchs, Image Processing based on a Parallel Architecture for real-time control of Industrial Robots, IOS press/CIMNE, 1992
  - 20) 이 정도, Image Processing에 의한 交通量測定 方法考察, 한국건설기술 연구원 도로기술 자료집(상권), 1992