

□ 특 집 □

영상 검지기 기술

민 준 영[†] 최 종 욱^{†*}

◆ 목 차 ◆

- | | |
|---|--|
| 1. 서 론 | 4. 차량 대기길이 측정(Vehicle Queue Length Measurement) 알고리즘 |
| 2. 국내의 개발 사례 | 5. 결 론 |
| 3. 차량검지 알고리즘(Vehicle Detection Algorithm) | |

1. 서 론

유도식루프검지기(Inductive Loop Detector: ILD)는 1960년대 미국의 Jet Propulsion Laboratory(JPL)에서 최초로 개발된 이래 최근까지 전세계에 가장 널리 이용되는 검지기 중에 하나이다. 이러한 ILD는 교통량과 점유시간(occupancy time) 및 비점유시간(non-occupancy time) 등의 정보를 수집할 수 있으며, 높은 정확도와 안정된 교통정보 수집을 할 수 있다는 장점을 갖고 있으나 현장 설치시 빈번한 도로공사로 인하여 루프 코일의 단선, 차선조정 및 차선평쇄시 검지기 회수불능, 현장의 설치공사시 도로통제로 인한 교통혼잡유발 같은 단점을 가지고 있다.

실제 서울시내에 매설된 ILD루프 검지기의 50% 이상이 정상적으로 작동하지 않고 있는 실정 이어서 이를 대체하기 위한 영상검지기(Image Detector)가 국내업체들에 의해 개발되고 있으나 현재 개발되어 있는 수준은 주간 태양광선 각도의 이동에 따르는 인식의 어려움과 야간 조명 반사에 대한 문제, 그리고 우천 시의 노이즈에 의한 인식도 저하문제 등을 해결하지 못하고 있으며,

또한 차종계측 알고리즘에 문제점도 가지고 있다. 더구나 교통 정보 수집 시스템에서 중요하게 사용되는 구간통행시간 및 대기길이(queue length; standing queue length와 moving queue length로 구분할 수 있음.) 계측 부분이 상당히 취약하다는 단점이 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위하여 기존의 영상인식 분야의 기술뿐만 아니라 퍼지(Fuzzy)이론과 신경망(Neural Networks) 이론 등 다양한 영상처리 이론의 접목이 필요하다.

국내의 경우, 유일하게 1개 업체만이 자체기술로서 영상검지기를 개발하였으며, 그 외 업체는 외국의 제품을 도입하고 있다. 국내에서 개발된 시스템은 TOPES로서 고속도로의 일부구간에서만 특성실험을 수행하여 왔으며 아직까지 도시부 교차로의 경우 정확도가 급격히 떨어지는 경향이 있어 실용 단계에는 못 미치고 있다. 또한 외국 시스템의 경우는 과도한 환경설정 모수(parameter)를 운영자가 직접 입력하여야 하며, 입력시 운영자의 오랜 경험을 기반으로 하여야 하는 관계로 아직까지 그 효율성이 입증되지 못하고 있는 실정이다.

영상검지기에서 제공받을 수 있는 교통정보로는 교통량(Volume) 및 점유,비점유시간(Occupancy time & Non-occupancy time), 차종구분(Vehicle Identification), 통행시간 및 속도(Travel time & velocity),

† 정 회 원 : 상지대학교병설전문대학 전자계산과 교수

†† 종신회원 : 상명대학교 정보처리학과 교수

대기길이 측정(Queue length measurement), 차량 추적(Vehicle tracking)등이 있다. 이외에도 영상검지기를 운영하기 위한 알고리즘으로는 검지영역 자동설정 알고리즘, 충격파속도 자동계측 알고리즘, Spillback 판단 알고리즘 등이 요구되고 있다.

본 논고에서는 영상검지기의 국내외 개발사례를 살펴보고, 영상검지기에서 가장 기반이 되는 차량 검지기술을 살펴보고, 교통정보 중 차량 대기길이 측정 알고리즘에 대하여 소개한다.

2. 국내외 개발 사례

2.1 국외 개발 사례

영상처리를 통한 교통정보의 자동정보 수집장치에 관한 연구는 1970년대 초 미국과 일본에서 시작되었다[1]. 일본의 경우 최초의 연구는 동경 대학교에서 시작이 되었고, 미국의 경우는 WADS(Wide Area Detection System)로 최초의 프로젝트가 실시되었다[1,3,4].

그 이후 1987년 상품화된 CCATS(Camera & Computer Aided Traffic Sensor)는 Devlonics Control 이 Belgium에서 5년간 현장실험을 근거로 하여 개발한 교통 모니터링 시스템이다[5]. A Rourke & MGH Bell연구소에서는 대기길이를 측정하기 위하여 검지영역을 선으로 구성하였으며, 이를 FFT(Fast Fourier Transform)로 변형하여 처리하였다. M. Higashikubo 연구팀에서는 영상검지기에서 대기길이를 이동차량과 정지차량으로 구분하여 측정하였는데 현장실험결과 15m-165m범위에서 최소 2%, 최대 8%의 오차율을 보였다.

그 외 현재 개발 중이거나 개발이 완료되어 상용화 단계에 있는 외국 시스템의 현황은 <표 1>과 같다.

2.2 국내개발사례

국내의 연구로는 영상검지기의 적용 범위가 고

속도로를 주요 대상으로 하고 있어 교통량 및 여행속도 측정에 한정되어 있으며, 도시부 교차로에 적용하기에는 그 신뢰도가 크게 떨어지고 있는 실정이다. 따라서 국내에서는 영상검지기를 통하여 중요한 교통정보 중 구간통행시간 측정 및 대기길이 측정에는 상당히 취약한 부분으로 남아있다.

현재 국내에서 상용화 되어있는 시스템 중 TOPES시스템이 있으며, 이 시스템은 1992년부터 연구 개발되어 1995년부터 상용화된 시스템으로 아직까지는 지점교통정보 계측을 주로 하는 시스템이다. 최근에는 상명대학교와 (주)트라테크가 공동으로 개발한 영상검지기로 이 시스템은 기존의 고속도로가 아닌 도시부 교차로에서 차량의 속도, 대기길이 측정 알고리즘, 차량 추적을 측정할 수 있는 알고리즘을 개발 완료하였으며, 이외에도 대우정보시스템, 현대전기통신 등 국내 10여개 업체에서 시제품을 개발하여 최근에 고속도로 및 국도를 대상으로 현장실험을 수행한 바가 있다.

현재 국내의 영상검지기 시장은 1999년 5월부터 잇따라 발주될 서울시 내부순환도로 교통정보화, 건설교통부의 도시교통 운영시스템(ARTMS), 한국도로공사의 고속도로 운영시스템(FIMS)용 수요를 바탕으로 지난해 대비 200%이상의 시장 성장을 전망하고 있다[6].

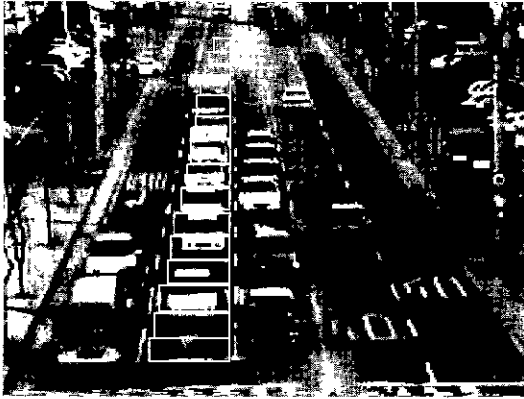
3. 차량검지 알고리즘(Vehicle Detection Algorithm)

영상검지기에서 가장 기반이 되는 부분이 검지영역 안에서의 차량 검지 알고리즘이다. 예를 들어 차량의 대기길이를 측정하기 위해서는 영상을(그림 1)과 같이 일정 규격으로 cell을 만들어 영상처리를 통하여 이 cell안에 차량이 존재하는지의 여부를 판별하는 알고리즘이 반드시 필요하고, 이 알고리즘의 신뢰도가 높아야만 영상검지기에서 정확한 교통정보를 제공할 수가 있다. 이 과정

(표 1) 국외 교통 모니터링 시스템의 개발 현황(5)

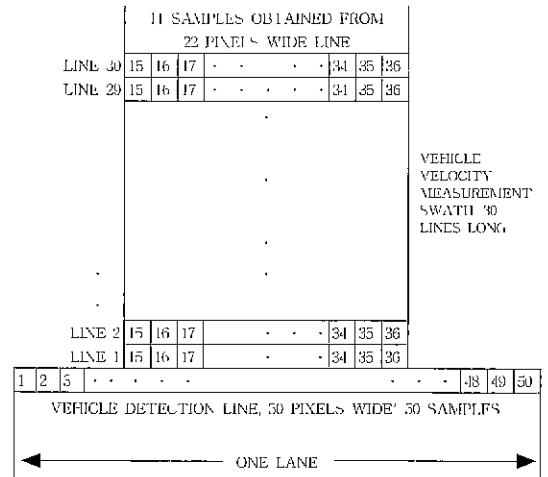
시스템 구분	검지전략	영상처리 알고리즘의 특성
AID System	Tripwire	<p>다음의 3개의 검지전략이 평가 되었음.</p> <ul style="list-style-type: none"> · Empty & Present Space를 비교하여 정지된 차량 수를 검지 · 교통모수의 변화를 분석 · 평균 교통정보와 2차적인 교통류를 계속하여 변화를 분석함
AUTOSCOPE	Tripwire	<p>속도, 점유시간 및 교통량을 계속하여 매 30초 간격으로 평균치 정보를 제공함. 교통정보를 계속하는 데 있어서 요구되는 Gray-Level의 Threshold의 값은 자동 적용되도록 함.</p>
IPVD	Tracking	<p>개별차량을 추적하기 위하여 차영상기법과 Edge기법을 결합. 도로면의 영상을 같은 간격의 여러 개 영역으로 분할하고, 각 영역별 개별 임계치를 갖음. 표준 계속범위는 20m이며, 개별차량의 속도 및 차두간격을 계속하는 데 최소 3회 계속함. 계측 단계는 다음과 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> · 취득된 영상을 차영상화 수행 · 차영상 자료를 기초로 Edge검출 · 차종을 구분하기 위하여 Template Matching 기법 수행 · 계속된 개별차량의 속도를 기초로 다음 차량의 위치 및 속도를 추정함. <p>상기 알고리즘을 기반으로 수집할 수 있는 정보는 다음과 같다</p> <ul style="list-style-type: none"> - 차선변경 차량검출, 다차선 교통량 계측, 주/정차 차량검지, 비정상 교통류검지
IMPACTS	Spatial Analysis	<ul style="list-style-type: none"> · 도로의 가시영역내에서 매 일정시간동안 영상처리 수행. · 감시되는 도로의 영역은 작은 Cell로 분할됨 · 각 Cell의 크기는 차선의 크기에 따라 일정역역의 크기(차량 1대분의 크기)로 구성됨. · 알고리즘이 수행되는 동안 각 Cell은 다음의 3범주 중에 하나를 규정한다 <ul style="list-style-type: none"> - 차량이 없음. - 차량이 움직이고 있음. - 차량이 정지하고 있음. · 각 인접 Cell의 정보를 조합하여 Platoon과 대기길이 등의 정보를 수집할 수 있음. · 알고리즘 1 Cycle수행시간은 약 2초임.
INVAID TRISTAR	Tracking	<ul style="list-style-type: none"> · 갓길과 총 4차선까지 처리할 수 있음. · 알고리즘은 초당 5 frame를 처리 할 수 있음. · 이동체를 검사하기 위하여 동시에 2개의 frame를 비교함. · 만약 차량이 검지영역 내에서 약 15초동안 정지할 경우에는 교통상태 비상경고를 출력함. · 속도 및 밀도(대기길이)등의 정보는 매 1분마다 수집할 수 있음.
EVA	Traking	<ul style="list-style-type: none"> · 차량검지는 다음의 순차적 과정에 의하여 수행됨. <ul style="list-style-type: none"> - 영상자료 수집 - 피상체 분할(segmentation) - 인식 - 해석(영상분석) · 초당 25 ~ 30frame의 영상분석처리 능력을 가짐. · 피상체 분할 : 검지영역은 기본 화상단위를 구성하는 작은 그룹으로 구성되며, 각 그룹은 차량, 도로, 그림자 등의 다양한 항목으로 구분된다. · 인식 : 영상자료로부터 차량을 추출한다. · 해석 : 연속된 영상자료를 기초로 이동하는 피상체를 추적하며, 이를 통하여 교통 정보를 수집한다.

은 교통량, 속도, 차량 추적 등 전반적인 교통정보 측정의 기본이 되는 알고리즘이다.



(그림 1) 차량 검지를 위한 검지영역 설정

프레임 단위로 검색하였으며, 차량의 길이가 15m 이내라는 것을 가정하여 5픽셀 단위로 나누어 검색하였다. 본 알고리즘을 식으로 표현하면 (식 1)과 같다.



(그림 2) WADS에서의 차량 검지 라인(4)

3.1 Wide Area Detection System(WADS)

WADS[2,3]는 미국에서 최초로 영상처리를 이용한 차량검지(vehicle detection), 차량 속도측정(vehicle velocity measurement) 및 차량의 추적(vehicle tracking)을 하기 위한 종합적인 교통정보 제공시스템으로 이중 검지 영역에서의 차량 검지는 대기길이를 측정하기 위하여 필수적으로 필요한 기능이다. WADS는 검지 영역 내에서 도로의 gray-level값을 사전 정보로 갖고 있고, 이 정보가 하루 시간대 별로 변환에 따른 추정값을 계산하여 도로의 추정값 보다 임계값 이상의 차이가 날 경우에는 차량이 존재하는 것으로 판단하였다.

WADS에서 차량의 검지 알고리즘은 (그림 2)와 같이 각 차선별로 수평방향으로 50픽셀을 하나의 라인으로 하여 5개 라인을 차량검지영역으로 하여 총 10개의 프레임 단위로 검색하였다. 즉, 첫 번째 프레임에서 1+j라인과 11번째 프레임의 6+j라인 (j=0,1,2,3,4)을 검색하여 도로와의 차이가 어느 임계값을 초과할 경우에 차량을 검지 하도록 하는 방법이다. 이 시스템은 차량의 평균속도가 20km/h이상의 속도로 접근하는 것을 가정하여 10

$$V_D = \sum_{i=1}^{50} |R'_i - L_i| \quad (식 1)$$

여기서, $R'_i = \omega R_i + (1 - \omega) B_i$: new road estimate, $i = 1, 2, \dots, 50$

L_i : brightness of pixel i for the incoming line.

(식 1)에서 R' 은 하루 시간대별로 도로의 gray-level값을 추정하는 것으로 WADS에서는 $\omega = 0.8$ 로 고정시켜 놓았으나 구름의 움직임에 따라 약간씩 조정할 수 있도록 하였다. 임계값 T는 시간대 별로 도로의 최소 변화량인 B_i 에 의해서 결정되며, 일반적으로 B_i 의 3배의 값으로 결정한다. 따라서 5개의 라인 중 하나의 라인을 제외한 나머지 라인에 대하여 $V_D > T$ 인 경우에는 차량을 검지한 것으로 판단한다.

3.2 일본에서의 연구(Research in Japan)

일본에서는 최초로 동경대학교(Univ. of Tokyo)에서 영상처리를 이용한 교통정보수집에 대한 연구가 진행되었다[2,3]. 이 시스템은 우선 도로에 대한 정보를 미리 수집한 후에 시간 t 의 변화에 따라 변화량이 있을 경우에 차량을 검지하는 방법이다. 즉, 도로 표면에 대한 명암값의 최대값 L_u 와 최소값 L_l 값을 결정한 뒤 t 번째 프레임의 n 번째 픽셀의 명암값을 $I(n,t)$ 라 하면 이 I 값에 따라 (식 2)와 같이 $p(n,t)$ 를 결정할 수 있다.

$$p(n,t) = \begin{cases} 1, & I(n,t) > L_u \\ 0, & L_u > I(n,t) > L_l \end{cases} \text{ or } \% I(n,t) < L_l \quad (\text{식 2})$$

(식 2)에서 $p(n,t)$ 가 결정되면 (식 3)과 같이 현재의 p 값과 $t-1$ 시점에서 차량 검지 유무와 비교하여 차량을 검지하였다.

$$P(n,t) = \begin{cases} 1, & P(n,t-1)=0 \text{ and } p=1 \text{ for } t-d+1 < \tau < t \\ 0, & P(n,t-1)=1 \text{ and } p=0 \text{ for } t-d+1 < \tau < t \end{cases} \quad (\text{식 3})$$

여기서 τ 는 프레임 수를 의미하며, 일반적으로 3-5프레임 단위로 검색하였다, (식 3)에서 $P=1$ 이면 차량을 검지한 것이고, $P=0$ 이면 차량을 검지하지 않은 것으로 판단한다. 또한 도로 표면의 WADS와 마찬가지로 명암값은 시간대별로 그 추정 방법은 (식 4)와 같다.

$$\begin{aligned} &\text{if } |I(n,t-1) - I(n,t)| < \alpha \text{ then} \\ & \quad I'(n,t) = (1-\epsilon)I(n,t-1) + \epsilon I(n,t) \\ &\text{if } |I(n,t-1) - I(n,t)| > \alpha \text{ then} \end{aligned} \quad (\text{식 4})$$

$$I'(n,t) = I(n,t-1)$$

여기서, I' 은 도로 표면 gray-level의 추정치

(식 4)에서 α 와 ϵ 은 휴리스틱하게 결정하는 계수로써 일반적으로 $\alpha=1.5$, $\epsilon=0.01$ 또는 0.02값을 주는 데 이는 WADS의 값과 같다.

3.3. 그 이외의 연구

Tokai대학의 Iwasaki[7]는 도로를 일정하게 30m

씩 나누어 검지영역을 설정하고, 이 검지 영역 내에서 Sobel 마스크를 이용하여 윤곽선 추출(edge detection)을 하고, 명암값의 히스토그램을 통하여 차량을 검지하는 방법을 제안하였다. 즉, 차량이 존재할 경우에 명암값의 히스토그램 분포를 보면 255의 값의 분포가 많은 반면에 차량이 존재하지 않을 경우에는 명암값의 히스토그램 분포가 0부터 50사이에 분포되어 있는 것으로 차량을 검지할 수가 있다. (식 5)는 검지 영역 내에서 차량을 검지하기 위한 기준을 표현하고 있다.

$$P_i > T_i \quad \text{and } P_{i-255} \neq 0 \quad (\text{식 5})$$

여기서, P_i 는 영역 i 에서의 에지 부분의 픽셀 수이고 T_i 는 영역 i 에서의 임계값이며, P_{i-255} 는 영역 i 에서 명암 값 255인 픽셀 수를 의미한다.

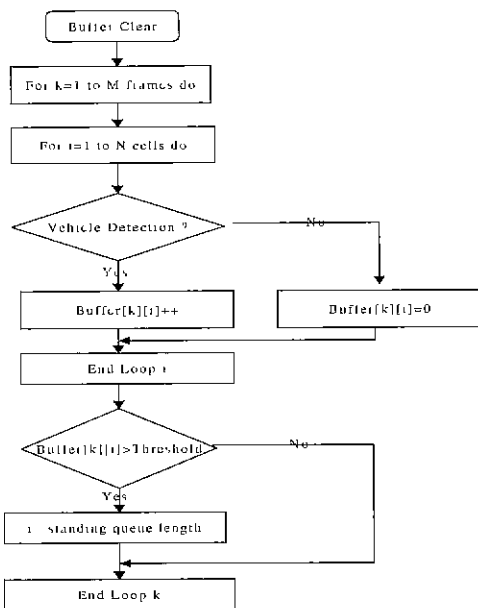
M. Higashikubo *et. al.*[8]는 SPITS(Spatial Image processing Traffic flow Sensor)를 제안하였다. 이 알고리즘은 이미지 처리를 통하여 교통량, 속도, 차종, 대기길이 등 종합적인 교통 정보를 수집하는 시스템으로 그 중 대기길이를 특정하기 위하여 검지영역 내에 표본점(sampled point)를 설정하고, 이 표본점에 대한 시간 차이(time difference), 배경차이(background different), 공간차이(spatial different)의 처리를 함으로써 차량을 검지 하였다. 여기서 시간차이는 이동차량(moving vehicles)를 검지하기 위한 방법이고, 배경차이는 차량을 추출하기 위한 방법이며, 공간차이는 차량의 윤곽선을 추출하기 위한 방법이다. 이중 배경차이에 의해서 차량을 추출하기 위해서는 배경정보 즉, 도로정보에 대한 시간대별로 수정이 필요하며, 공간차이에 의한 윤곽선 추출에 대해서는 도로의 방향 표시 등과 같은 노이즈에 크게 영향을 받는다.

4. 차량 대기길이 측정(Vehicle Queue Length Measurement) 알고리즘

차량대기길이 측정은 일반적으로 정지대기길이(standing queue length)와 이동대기길이(moving queue length)로 나누어 측정한다. 정지대기길이는 주행신호(파란불)가 들어오기 전까지 차량이 정지하여 대기하고 있는 길이의 최대지점을 설정하는 것이고, 이동 대기길이는 주행신호가 들어왔을 때 교차로의 차량주행이 시작되는 길이를 측정하는 대기길이이다.

4.1 정지대기길이 측정(Standing Queue Length Measurement)

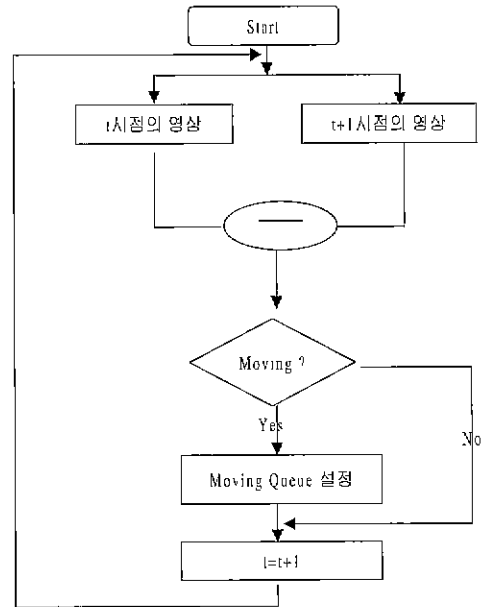
정지 대기길이는 M개의 프레임 별로 판단을 한다. 즉, 각 프레임별로 N개의 cell에 대하여 차량을 검지하여 차량이 검지 되었으면 $buffer_k[i]=1$ ($1 \leq i \leq N, i \leq k \leq M$)로 하고, 점유가 안 되었으며, $buffer_k[i]=0$ 로 하여 정지 차량에 대한 대기 길이를 측정할 수가 있고 이를 다음 M개 프레임 영상에서도 같은 방법으로 반복하여 수행한다. 정지 대기길이 측정 절차는 (그림 3)과 같다.



(그림 3) 정지 대기길이 측정 절차

4.2 이동 대기길이 측정(Moving Queue Length Measurement)

이동 대기길이는 cell내의 차량의 점유정보를 기반으로 하여 이동정보가 있는지를 한번 더 판단해 주어야 한다. 이동정보는 프레임별 차영상(difference image)을 구한 후 이 차영상의 범위가 임계값을 초과할 경우에는 차량이 주행하고 있다고 판단하고, 주행하고 있는 차량까지 이동대기길이를 설정한다. 이동 대기길이의 측정 절차는 (그림 4)와 같다.



(그림 4) 이동 대기길이 측정절차

5. 결 론

최근까지 교통정보를 수집하기 위하여 널리 사용된 검지기는 ILD (Inductive Loop Detector)이다. 그러나 ILD는 설치 및 유지 보수에 있어서 효율성이 떨어지기 때문에 초음파검지기, 적외선검지기, 영상검지기 등의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 본 논고에서는 영상검지기를 이용한 교통정

보 제공 기술에 대하여 국내외 개발 현황과 차량 검지 알고리즘 그리고 차량 대기길이 측정 알고리즘에 대하여 소개하였다. 차량 검지 알고리즘에는 기존의 윤곽선추출방법이나 배경정보 차이(background difference), 공간정보 차이(spatial difference)방법을 이용한 것이 있고 최근에는 DCT(Discrete Cosine Transforms)나 FFT(Fast Fourier Transforms) 등을 이용하여 영상을 주파수 공간으로 변형하여 처리하는 방법도 많이 연구되어지고 있다. 영상검지기에서 가장 해결되지 못하고 있는 문제점은 야간의 차량의 헤드라이트에 크게 영향을 받아 차량 검지에 있어서 오차가 많이 발생하는 경우이고, 밝은 날씨의 영상처리는 별 문제 없으나 비오는 날씨나 또는 눈 오는 날씨와 같이 약천후 기상 조건에서 그 신뢰도가 크게 떨어진다는 문제점이 있어 앞으로는 이러한 문제점을 해결하는 방향으로 연구가 더욱 활발해 질 것으로 예상된다.

참고문헌

[1] 오영태, 조형기, 정의환, “영상처리를 이용한 여행시간 및 속도계측 알고리즘 개발,” 대한교통학회지, Vol. 14, No. 4, 1996, pp.107-129.

[2] 조형기, 정의환, 이승환, “영상처리 기반의 Voting Technique을 이용한 대기길이 계측 알고리즘의 개발,” 대한교통학회지, Vol. 16, No. 3, 1998, pp.113-121.

[3] R. M. Inigo, “Traffic Monitoring and Control using Machine Vision: A Survey,” IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. IE-32, No. 3, Aug. 1985, pp.177-185

[4] R. M. Inigo, “Application of Machine Vision to Traffic monitoring and Control,” IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. 38, Aug., 1989, pp.112-122.

[5] 이승환, 조형기, 박노길, “영상처리기반의 실

시간 대기길이 계측 알고리즘의 개발,” 대한교통학회지, Vol.15, No. 4, 1997, pp.165-184.

[6] 전자신문 1999년 5월12일자

[7] Y. Iwasaki, A Measurement System for Vehicular Queue Lengths by using Image Processing, 3rd Annual World Congress on Intelligent Transport System, Orland, USA., Oct., 1996.

[8] M.Higashikubo, T. Hinenoya, K. Takeuchi, Traffic Queue Length Measurement using an Image Processing Sensor, 3rd Annual World Congress on Intelligent Transport System, Orland, USA., Oct., 1996.



민 준 영

1982년 아주대학교 산업공학과 졸업(학사)
 1989년 성균관대학교 경영대학원 정보처리학과(석사)
 1995년 성균관대학교 통계학과 전산통계전공(박사)

1993년-1996년 3월 상지대학교병설전문대학 전자계산과 전임강사
 1996년 4월-현재 상지대학교병설전문대학 전자계산과 조교수
 관심분야 : 인공지능경망, 이미지 processing, 패턴인식, 지능형교통시스템(ITS) 등



최 종 욱

1982년 2월 아주대학교 공과대학 산업공학과 졸업(학사)
 1982년 8월 서울대학교 대학원 경영학 석사과정 1학기 수료
 1988년 Univ. of South Carolina MIS

1985년-1986년 Institute of Information Management and Policy at Univ. of South Carolina Research Assistant
 1986년-1987년 Johnson C. Smith Univ. Computer System Specialist
 1988년-1991년 KIST 시스템공학센터 인공지능연구부 지식처리연구실 실장
 1992년-현재 상명대학교 정보처리학과 교수
 관심분야 : 전문가시스템, Neural Network, 멀티미디어.