

■ 論 文 ■

# 영상처리 기반의 Voting Technique를 이용한 대기길이 계측 알고리즘 개발

A Development of Traffic Queue Length Measuring Algorithm  
Using an Image Processing Based Voting Technique

조 형 기

정 의 환

이 승 환

(아주대학교 교통연구센터 수석연구원) (아주대학교 교통연구센터 연구원) (아주대학교 환경·도시공학부 교수)

## 목 차

- I. 연구 배경 및 목적
- II. 영상검지기의 특성
  - 1. 영상검지기의 범주
  - 2. 연구사례
- III. 대기행렬계측 알고리즘 개발
  - 1. 시스템 구성
  - 2. 대기행렬계측 알고리즘
- IV. 평가
  - 1. 자료의 수집
  - 2. 분석방법
  - 3. 분석결과
- V. 결론
- 참고문헌

## 요 약

본 연구에서는 신호제어 및 ITS분야에 활용하기 위한 검지 시스템을 구성하기 위한 알고리즘의 하나인 대기행렬 계측알고리즘을 개발하였다.

본 연구에서는 대기열의 속성을 standing queue와 moving queue로 구분하여, 각 속성에 따라 대기열의 발생지점을 계측한다. 알고리즘의 평가는 아주대학교 앞 4지교차로의 한 접근로에서 실시되었다. 평가 항목으로는 오차율과 통계적 검정을 실시하였으며, standing queue와 moving queue에 대하여 주·야간 각 50개씩의 sample을 가지고 실시하였다. 평가 결과 standing queue는 주·야간 모두 비교적 우수한 것으로 평가되었으나, moving queue는 미흡한 결과를 나타내어, 좀더 보완이 필요한 것으로 나타났다.

대기열의 속성을 standing queue와 moving queue로 분리함으로써 접근로의 상황을 더욱 정확하게 판단할 수 있을 것으로 기대된다.

## I. 연구 배경 및 목적

교통부문에서 교통정보의 수집기능은 교통관제는 물론 도로의 효율적 운영관리 및 교통계획의 측면에서 핵심적인 요소중에 하나이다. 특히 최근에는 급변하는 교통수요에 효과적으로 적용될 수 있는 실시간 신호제어체계에 부응하여, 실시간으로 도로의 교통상황을 정확히 파악할 수 있는 검지기체계가 절실히 요구되고 있다.

최근까지 교통정보를 수집하기 위하여 널리 이용되어온 검지기는 유도식 검지기(Inductive Loop Detector:ILD)이다. 이 검지기는 1960년 중반에 JPL에서 개발된 이래 전세계적으로 가장 널리 이용되고 있는 검지기이다. ILD는 설치비용이 적게 들며, 검지기 수집정보의 정확도가 우수하지만 잦은 도로공사등으로 인한 루프선의 단선 그리고 차선조정등으로 인한 유지보수에 관한 문제점과 설치공사시 도로차단에 의해 많은 교통혼잡을 야기시켜야 한다는 단점을 가지고 있다. 이러한 설치 및 유지보수에 의한 효율적 관리가 어려워짐에 따라 기존 ILD에 대한 대체 검지기에 대한 연구가 1994년부터 수행된바 있으며, 초음파검지기, 초단파검지기, 적외선검지기, 영상검지등을 대상으로 수행되었다. 이들중 영상검지기가 비록 정확도 측면에서 ILD보다는 떨어지지만 대체가능성이 높은 검지기로 평가되었었다. 이러한 연구는 최근의 도시부 및 고속도로 등에서 영상검지기의 설치를 가속화 시키는 기초연구가 되었으며, 국내 영상검지기 관련 연구를 가속화하는 촉매역활을 하였다<sup>1)</sup>.

영상검지기의 연구개발의 역사는 약 20년으로 주로 미국,유럽,일본등에서 연구개발되어왔으며, 이러한 원인은 1970년대에 영상처리를 위한 H/W개발에 기초하고 있다. 초기의 영상검지기는 지점교통정보(교통량, 차두간격, 점유시간 등)를 계측할 수 있는 Loop Emulation 기능을 수행할 수 있도록 개발되었으며, 구간속도 및 대기길이 등의 계측은 1980년대 후반에 와서 주로 연구되었다<sup>2)</sup>.

본 연구에서는 연구결과로서 개발된 알고리즘과 현장실험을 토대로 알고리즘의 실시간성과 주간과 야간 환경하에서 수행된 알고리즘의 평가결과를 제시하였다.

## II. 영상검지기의 특성

본 장에서는 영상검지기관련 영상처리 기법에 따른 범주와 각 범주에 따른 기 개발된 주요 영상검지기의 특성을 기술한다.

### 1. 영상검지기의 범주

영상검지기는 CCD카메라로 부터 수집되는 교통자료를 분석하기 위하여 Machine Vision을 이용한다. 이러한 Machine Vision에서와 같이 영상을 디지털화하는 기술은 여러해 동안 이용되어 왔으며, 최근의 컴퓨터와 영상처리를 위한 H/W비용의 감소하는 추세는 영상처리 시스템 개발을 가세하는 효과를 주었다. 아직까지는 개발된 영상처리 시스템을 현장에 적용하기에는 다음과 같은 약간의 제한적 요소가 있다.

- 주간 및 야간동간의 불빛에 의한 영향
- 카메라의 높이 및 위치 그리고 각
- 악천후(비, 안개, 바람)
- 교통류의 방향
- 카메라의 진동여부

반면에 영상처리 시스템의 장점은 광역적 정보를 처리할 수 있다는 데 있으며, 카메라로 다차선을 검지할 수 있다는 데 있다. 이는 결국 대기길이와 속도 차선변경 등의 다양한 정보를 수집할 수 있는 장점을 갖는다. 영상검지기체계는 일반적으로 다음과 같은 세계의 범주에 속하게 된다.

#### 1) TripWire Systems

Tripwire 시스템의 경우 카메라는 검지를 위한 작은 검지영역(Detection window)을 이용하여 ILD와 같은 기능을 Emulation하기 위하여 이용된다. 이 경우 다중검지는 수집된 영상영역내에서 가능하며, 도로의 기하구조에 적합하게 쉽게 구성할 수 있다. 이러한 접근방법에서의 단점은 개별 검지기의 정확도가 카메라의 가시영역에 따라 달라진다는 점이다. 이러한 접근방법에 기초한 대표적인 시스템은 AUTOSCOPE와 CCATS이다<sup>2,3,4)</sup>.

2) Tracking System

Tracking 시스템은 카메라의 영상내에서 이동하는 개별차량을 검지하고 추적한다. 따라서 이 시스템은 이동하는 각 차량들에 대한 세부정보를 취득할 수 있으며, 갑작스러운 차선변경 및 잘못된 방향으로의 주행, 안정상태의 차량 등의 상황이 발생시 새로운 정보를 취득할 수 있다. 따라서 이러한 시스템은 이러한 다양한 정보를 파악하기 위하여 복잡하고 정교성이 증가되며, 결국 더욱더 강력한 컴퓨터 연산 능력을 필요로 한다. 이러한 시스템의 대표적인 사례가 TRISTAR(INVAID), EVA,IPVD 등이다<sup>2)</sup>.

3) Spatial Analysis

이러한 접근방법을 따르는 대표적인 시스템은 IMPACT(Automatic Computer Traffic Surveillance System)이다. 이 시스템은 2차원의 Video영상을 분석하는 시스템으로, 개별차량에 기초한 정보보다는 단위시간 동안 특정 영역을 효과적으로 이용하는 가시적 도로공간을 기술하기 위한 것이다<sup>3)</sup>. 교통류의 방해요인은 주어진 시간동안 분석을 통하여 결정될 수 있으며, 도로공간의 이용은 다음의 세가지 경우에 속한다.

- 어떠한 교통흐름이 없음.
- 이동차량이 존재함.
- 교통상태가 안정상태임.

이러한 정보들은 근본적으로 정성적 의사결정을 위한 것들이다.

2. 연구사례

영상검지기의 연구개발의 역사는 약 20년으로 주로 미국, 유럽, 일본 등에서 연구 개발되어 왔다. 초기의 영상검지기는 지점교통정보(교통량, 차두간격, 점유시간 등)를 계측할 수 있는 Loop Emulation 기능을 수행할 수 있도록 개발되었으며, 구간속도 및 대기길이 등의 계측은 1980년대 후반에 주로 연구가 진행되었다.

1987년 상품화된 CCATS(Camera and Computer Aided Traffic Sensor)는 Devlonics Control이 Belgium

에서 5년간의 현장실험을 근거로 해서 개발한 교통모니터링 시스템이다<sup>4)</sup>. CCATS기술은 비디오 신호와 향상된 고속 처리의 H/W환경에서 실행되는 영상처리를 기초로 하며, 산출할 수 있는 정보는 개별차량의 정보 즉 차량 진행방향, 차량 대수, 차두시간, 점유율, 속도, 대기길이 등이다. 이 연구에서 대기길이의 경우 평가결과 최소 6%~최대 10%의 오차가 발생된 것으로 제시하고 있다.

A Rourke & MGH Bell의 연구에서는 대기길이를 계측하기 위하여 검지영역을 선으로 구성하였으며, 이를 Fast Fourier Transform을 이용하여 계측하였다<sup>5)</sup>. 비록 이 연구는 대기길이 계측알고리즘이 매 3초~5초 이상을 필요로 하는 등 실시간성을 보장하지 않았으나 대기길이 계측시 정지차량과 이동차량을 구분하였으며, 실험결과 약 4m~8m의 예측오차가 발생되었음을 제시하였다.

Masakmatsu Higashikubo et al.는 대기길이를 계측하기 위하여 이동하는 차량의 그룹과 정지하고 있는 차량의 그룹을 구분하여 각 개별 차량의 영역을 격자형으로 구성된 검지점의 조합으로 블록화하여 대기길이를 계측하였다<sup>6)</sup>. 이 알고리즘의 현장실험결과 검지범위 15m~165m 범위에서 최소 2%~최대 8%의 오차가 발생되었음을 제시하였다.

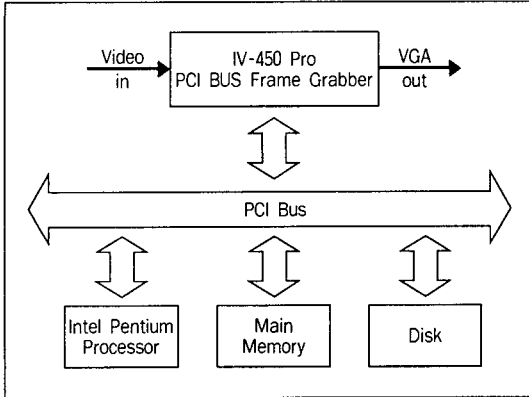
한편, 국내의 경우에는 이승환 외의 연구가 있다<sup>7)</sup>. 이 연구에서는 도시부 교차로에 연속된 루프의 형태로 검지영역을 설정하였으며, 이를 Edge검출기인 소벨 마스크와 라플라스 마스크를 사용하여 알고리즘을 구현하여, 주간과 야간의 경우에 각각 적용하였다. 실측치와 계측차간의 최대오차는 약 8m 정도로 나타났다.

III. 대기행렬계측 알고리즘 개발

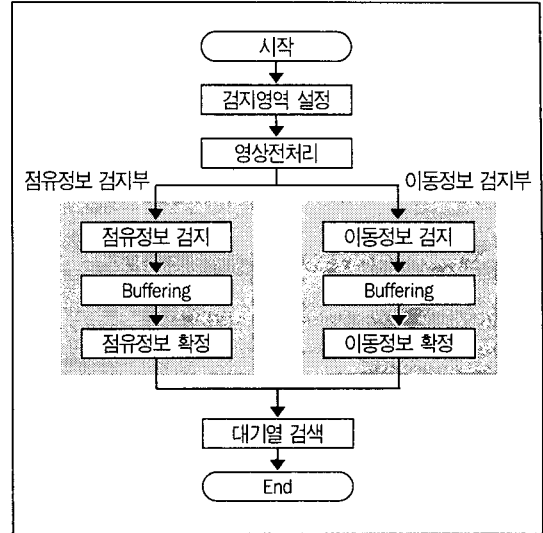
1. 시스템 구성

본 연구에서의 대기행렬계측 알고리즘 개발을 위한 H/W구성은 영상자료 수집을 위한 CCD Camera 및 영상을 저장하기 위한 VCR과 영상처리를 위한 컴퓨터시스템으로 구성된다. 영상처리를 위한 컴퓨터

시스템은 아래 그림과 같이 Frame Grabber와 Intel Pentium PC로 이루어져 있다.



<그림 1> H/W system configuration



<그림 2> Overall flow of algorithm

알고리즘 개발을 위한 주요 환경에 관한 사항은 다음과 같다.

- 영상자료수집 : 도로변에 설치된 CCD 카메라를 통해 수집된 영상을 VCR(NTSC Analog Signal)로 녹화하여 알고리즘 구현을 위한 "Video in"으로 사용하였다.
- frame grabber : CCD 카메라 및 VCR을 통해 입력되는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환시켜 준다. 본 연구에서는 IV-450Pro PCI Grabber를 사용하여 해상도 240×320, 256 Gray level의 영상을 받아 알고리즘을 구현하였다.
- computer : 전처리 및 주요 알고리즘을 수행하며, Intel Pentium CPU가 장착된 컴퓨터를 사용하였다.
- software development kit : Win95, MS Visual C++

## 2. 대기행렬계측 알고리즘

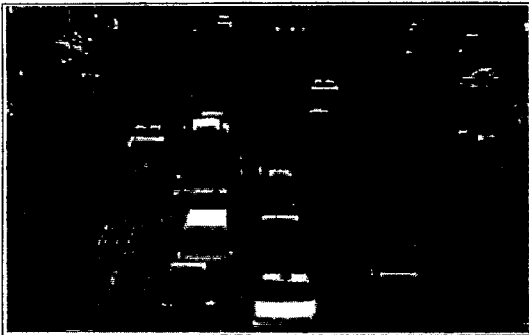
### 1) 개요

본 연구에서 제시하고자 하는 알고리즘은 설정된 검지영역내에서의 점유와 움직임에 관한 정보를 이용하여 대기열의 끝을 추정하는 알고리즘이다. 본 알고리즘은 검지영역 설정 부문, 영상전처리 부문, 점유정보 검지부문, 이동정보 검지부문, 대기열 검색 부문 등으로 구성되며, 전체적인 흐름도는 다음과 같다.

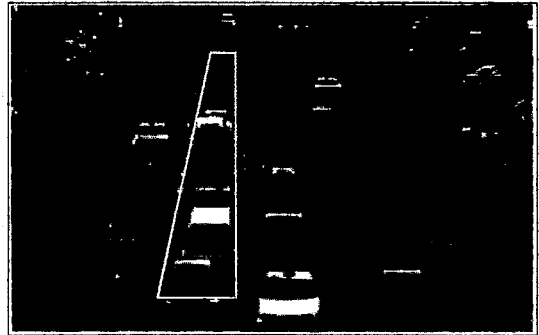
### 2) 검지영역설정

대기행렬의 검지를 위한 첫단계는 검지영역을 설정하는 것이다. 검지영역설정 단계에서는 전체적인 검지영역설정, 영역내에서의 셀분할, 실거리 추정을 위한 각 셀별 기준 실거리의 입력 등이 이루어진다.

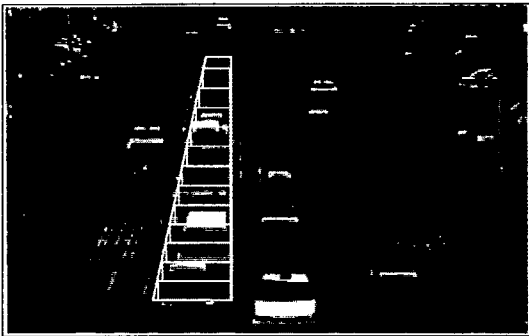
- 전체적인 검지영역 설정 : 대기열을 측정하고자 하는 차로에 아래의 그림과 같이 검지영역의 전체적인 윤곽을 잡아준다. 정지선 부근에서 시작하여 대기열을 측정하고자 하는 상류부의 한지점까지를 설정한다. 원근으로 인하여 상류부로 진행될수록 Sampling 되는 영상이 작아지는 점을 주의하여 적절한 지점을 선택한다.
- 영역내 셀분할 : 전체적인 검지영역을 설정한후 이 영역을 몇 개의 셀로 분할할 것인가를 결정하는 것이다. 셀의 개수를 결정하면, 각 셀의 가로×세로의 크기 및 위치를 전체 검지영역의 크기에 맞도록 아래 그림과 같이 설정해 준다. 아래 그림의 경우는 12개의 셀로 분할하였다.
- 기준 실거리 입력 : 대기행렬의 길이를 계측하기 위하여 각 셀별 정지선으로부터의 길이를 입력받아 픽셀별로 실거리가 대응되는 look up tabel을 만든다. 기준점 내부 지점의 실거리는 보간하여 결정한다.



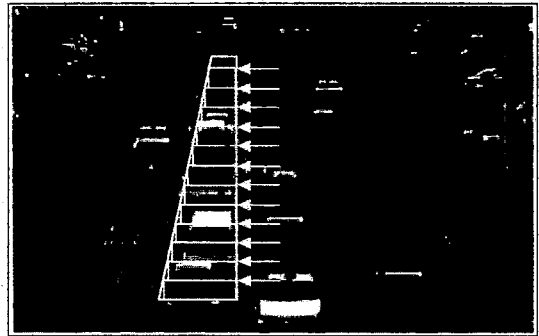
〈그림 3〉 기본영상



〈그림 4〉 전체적인 영역설정



〈그림 5〉 셀분할



〈그림 6〉 기준 실거리 입력

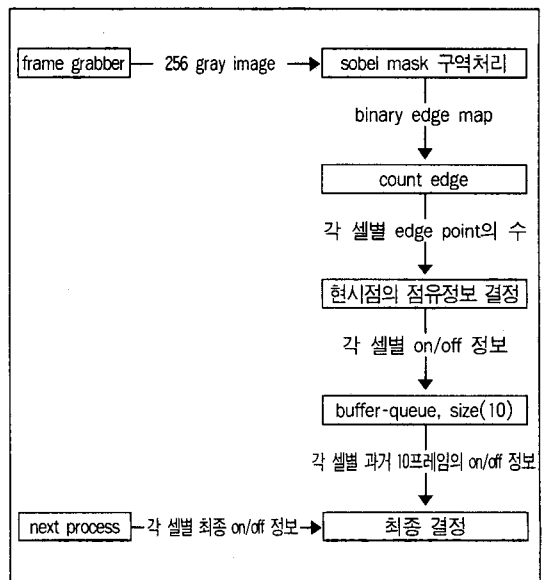
### 3) 영상의 전처리

frame grabber로 입력되는 영상은 도로변에 설치된 카메라의 특성, 카메라 설치지점의 특성, 기타 잡음 등으로 인하여 영상의 전처리가 필요하다. 고려할 수 있는 전처리로는 밝기(brightness)조절, 대비(contrast) 조절, 잡음제거필터 등이 있다. 그러나, 시스템 부하가 최소화 되도록 가능한 전처리 과정을 최소화하는 것이 바람직하다. 그러므로, 본 연구에서는 하드웨어적으로 잡음이 최소화되도록 환경을 지향하여, 잡음 제거 필터링은 배제하였으며, 밝기조절 및 대비조절만을 전처리과정에서 시행하였다.

### 4) 점유정보 검지부문

본 알고리즘은 각 셀의 점유정보를 기반으로 하여 대기행렬을 계측한다. 각 셀의 점유여부 결정은 sobel mask 구역처리를 통한 binary map을 이용하여 결정하며, 최종적인 판단에 있어 신중을 기하기 위하여 과거 10프레임의 자료를 참조한다. 점유정보 검지부

문의 전체적인 절차는 다음의 그림과 같다.



〈그림 7〉 점유정보 검지 processes

- sobel mask 구역처리 : 셀내에 차량이 존재하는 경우에 셀내 영상의 gray level 값의 공간적 변화가 그렇지 않은 경우보다 크다는 것을 전제로 하여, 본 연구에서는 셀내의 점유상황을 판단하기 위하여 sobel mask 구역처리를 사용하였다. sobel mask 구역처리를 사용하여 gray 영상을 binary edge map으로 변환하였다. 이 때, 사용한 threshold는 경험적인 값을 적용하였다. 본 연구에서의 sobel mask 구역처리는 영상의 edge를 검출하는 것이 목적이 아니라, 검지영역으로 차량이 진입함에 따라 edge pixel의 수가 변화하는 것을 이용한다. 그러므로, sobel mask 구역처리시 경험적인 threshold를 일률적으로 적용해도 문제는 없다.
- edge수의 카운트 및 현시점의 점유정보 결정 : sobel mask 구역처리를 사용하여 얻은 binary edge map내의 edge point pixel의 수를 카운트한다. 그리고, 셀의 전체 픽셀수에 대한 비율을 계산하여 그 비율이 threshold값보다 크다면 그 셀은 현재 점유상황이라고 판단한다.

$$\text{if } \frac{n(E_n^m)}{n(C_n^m)} > \text{threshold then}$$

$$0(C_n^m) = \text{on}$$

else then

$$0(C_n^m) = \text{off}$$

$n(C_n^t)$  : 시점 t에서 n번 Cell의 pixel 수

$n(E_n^t)$  : 시점 t에서 n번 Cell의 edge point 수

$0(C_n^t)$  : 시점 t에서 n번 Cell의 점유/비점유 상황

검지영역 배경영상의 binary edge map이 항상 일정하지 않기 때문에 시간에 따라 threshold값이 변하도록 고려하였다. 기본적으로 점유여부 결정을 위한 threshold값은 다음과 같으며, threshold에 대한 갱신은 검지영역 내에 차량의 통행이 없다고 판단되는 시점에서 아래의 식으로 갱신된다.

$$\text{점유상황 결정을 위한 threshold} = \frac{n(E_n^t)}{n(C_n^t)} \times k$$

$n(C_n^t)$  : 갱신 시점(t)에서 n번 Cell의 pixel 수

$n(E_n^t)$  : 갱신 시점(t)에서 n번 Cell의 edge point 수

k : 상수항

위의 식에서 상수항 k는 경험치에 의해 결정하였으며, 전반적으로 k가 2인 경우 무난한 결과를 보였다. 차량의 통행이 있는가/없는가 판단은 이동정보 및 점유정보로 판단한다. 즉, 검지영역내에서의 점유정보 및 이동정보가 최종적으로 모두 Off인 경우에 위의 threshold를 다시 갱신한다.

- buffering 및 최종결정 : 일단 위에서 결정된 각 셀별 점유/비점유 정보는 일시적인 노이즈로 인한 영향을 배제하기 위하여, 아래 그림과 같은 10개의 공간을 가지는 queue buffer에 입력된다. buffer에 저장된 과거 10프레임의 점유/비점유 정보중 일정 개수 이상의 점유정보가 있는 경우에만 한하여 최종적인 점유상황이라 판단한다.

queue(FIFO)									
$0(C_n^{m-10})$	$0(C_n^{m-9})$	$0(C_n^{m-8})$	$0(C_n^{m-7})$	$0(C_n^{m-6})$	$0(C_n^{m-5})$	$0(C_n^{m-4})$	$0(C_n^{m-3})$	$0(C_n^{m-2})$	$0(C_n^{m-1})$

m	m-1	m-2	m-3	m-4	m-5	m-6	m-7	m-8	m-9
Off	Off	On	On	Off	Off	Off	Off	Off	Off

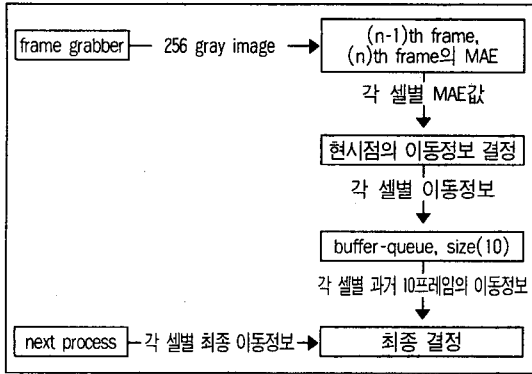
최종결정 : off (예 : 과거 10중 6개 이상이 on인 경우 최종 on)

m	m-1	m-2	m-3	m-4	m-5	m-6	m-7	m-8	m-9
On	On	On	On	On	On	On	Off	Off	Off

최종결정 : on (예 : 과거 10중 6개 이상이 on인 경우 최종 on)

### 5) 이동정보 검지부

대기열 끝지점의 정확한 판단과 moving queue를 검지하기 위하여 셀내의 이동정보를 이용한다. 이동정보는 연속된 프레임간의 차를 통하여 결정하며, 점유정보 검지와 마찬가지로 과거 10프레임의 상황을 참조하여 최종적인 결정을 내린다.



<그림 8> 이동정보 검지 processes

- 현시점의 이동정보 결정 : 이동정보는 영속된 영상의 상대적인 변화의 정도로 검지 하였다. 본 연구에서는 프레임간의 MAE(mean of absolute error) 값을 이용하여 셀내의 움직임 여부를 결정 하였다.

$$MAE = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |I(m, n, t) - I(m, n, t-1)|$$

if  $MAE(C_n^{t,t-1}) > \text{threshold}$  then

$$m(C_n^m) = \text{on}$$

else then

$$m(C_n^m) = \text{off}$$

$I(m, n, t)$  : 시점 t에서의 영상의 m, n지점에서의 gray level값

$MAE(C_n^{t,t-1})$  : 시점 t와 t-1의 두 프레임간의 n번 셀의 MAE값

$m(C_n^t)$  : 시점 t에서 n번 Cell의 움직임정보 상황

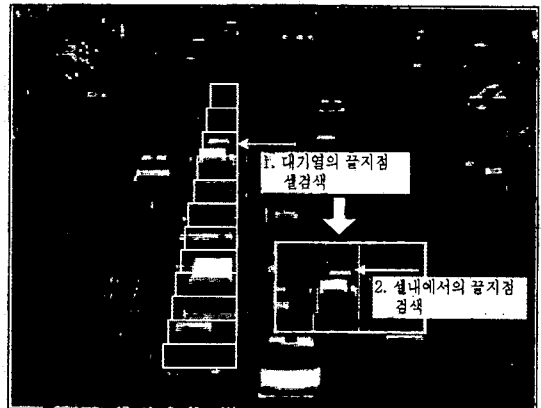
위의 식에서 threshold는 경험치를 사용하였으며, 연속된 frame 간의 변화를 보기위함 이므로 시점에 따라 계속 변할 필요는 없다.

- buffering & 최종결정 : 위에서 얻어진 움직임 정보는 점유정보 검지부와 같은 방법으로 최종적인 결과를 얻는다.

### 6) 대기열 검색

대기열의 검색에서는 점유정보와 이동정보를 사용하여 moving queue와 standing queue를 판단하며, 판단방식은 다음과 같다.

- standing queue의 끝지점 : 대기열 검색은 크게 두 가지로 단계로 구성된다. 먼저, 대기열의 끝이 포함되었으리라 추정되는 셀을 점유정보와 이동정보를 이용하여 검색하고, 끝지점 셀의 내부에서 최종적으로 대기열의 끝지점을 판단한다(<그림 9>).



<그림 9> standing queue의 검색 절차

(단계 1) 끝지점 셀의 검색 : 각 셀을 상류부로부터 검색하여 점유정보가 on이고, 이동정보가 off인 지점으로 결정

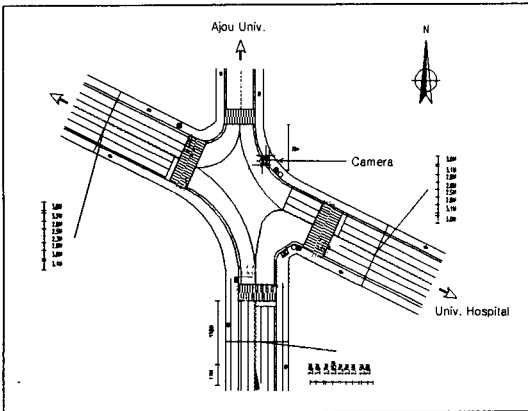
(단계 2) 셀내에서의 끝지점 검색 : 끝지점 셀의 binary edge map을 이용한다. 상류부로부터 셀을 라인 단위로 검색하여, 일정 비율이상의 on값을 가지는 라인이 나타나면, 이 라인을 대기열의 끝지점이라고 최종 판단

- moving queue : 점유정보가 on이고 이동정보도 on인 셀에 moving queue가 발생하고 있다고 판단

## IV. 평가

### 1. 자료의 수집

자료의 수집은 아주대학교 입구 11m 높이의 Pole에 설치된 카메라로 부터 수집되는 영상을 이용하여 진행되었다. 지 지점의 도로기하구조 및 카메라의 설치 위치는 다음의 그림에 제시되어 있다.



<그림 10> 실험현장 도면

2. 분석방법

알고리즘의 정확도를 분석하기 위하여 검지영역에서의 차량의 대기길이의 실측치와 알고리즘 실행 결과치와의 오차율, 통계적 검정을 실시하였다.

1) 오차율

오차율은 실측자료와 계측자료간 상대오차를 분석할 수 있는 간접적인 지표로서, 다음 식에 의하여 산출된다.

$$\text{오차율}(\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|f_i - t_i|}{f_i} \times 100$$

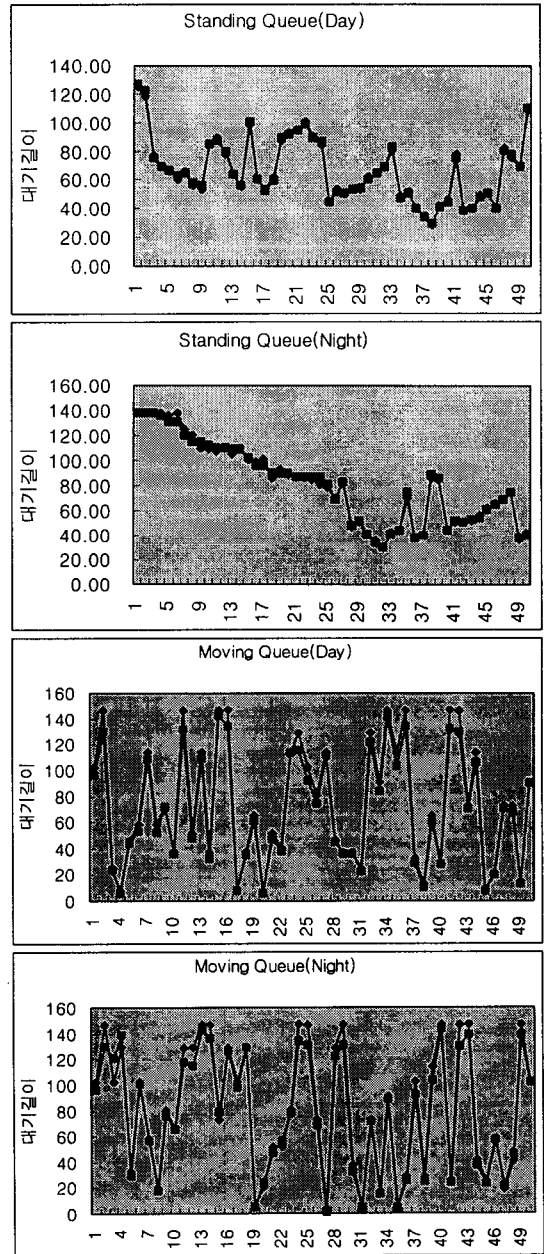
이때,  $f_i$  : 실측치  
 $t_i$  : 계측치

2) 통계적 검정

실측치와 계측치간의 차이를 검정하기 위한 통계적 분석방법으로 t-test를 수행 하였다. 유의수준( $\alpha$ )을 0.05로 하여 [ $H_0$  : 실측값=관측값,  $H_1$  : 실측값≠관측값]을 기본가설로 하였다.

3. 분석결과

위에서 제시한 평가항목에 대하여 주·야간, standing queue/moving queue로 나누어 알고리즘을 평가하였으며, 그 결과는 다음의 <그림 11> 및 <표 1>과 같다.



<그림 11> 실측치와 검지기의 비교 (◆:검지기 ■:실측)



〈표 1〉 평가결과

		standing queue		moving queue	
		day	night	day	night
sample size		50		50	
error rate		1.55	2.42	7.22	11.87
paired t-test		0.355	0.035	7.39	3.68
statistics		Do not reject $H_0$	Do not reject $H_0$	reject $H_0$	reject $H_0$
result		Do not reject $H_0$	Do not reject $H_0$	reject $H_0$	reject $H_0$

시험결과 standing queue는 만족할 만한 수준의 오차가 발생하였으나 moving queue는 상당히 큰 오차가 발생하였다. moving queue의 가장 큰 오차 발생원인은 알고리즘이 셀단위로 대기열의 길이를 측정하는 문제를 꼽을 수 있다. 즉, standing queue의 경우 셀단위로 검색한 후, 셀내에서 다시 검색을 함으로써 정확도를 높일 수 있었으나, moving queue는 셀단위로 대기열을 검색하므로 결과가 매크로할 수 밖에 없다. 또한, 전반적으로 낮보다 밤에 오차율이 높게 나타났다. 이는 야간시 전조등에 의한 간섭이 오차의 주요인이라고 판단된다.

한편, 통계적 검정결과도 standing queue의 경우 주·야간 모두 귀무가설을 기각 할 수 없다는 결과가 나왔으나, moving queue의 경우는 주·야간 모두 귀무가설이 기각되었다.

한편, 점유정보 결정을 위해 사용하는 threshold의 자동갱신 알고리즘이 교통량이 많은 경우에는 갱신시점을 찾는 데에 어려움을 보여, 이 부분의 개선도 필요한 것으로 나타났다.

## V. 결론

본 연구에서는 신호제어 및 ITS분야에 활용하기 위한 검지 시스템을 구성하기 위한 알고리즘의 하나인 대기행렬 계측알고리즘을 개발하였다. 본 연구에서는 대기행렬의 속성을 moving queue와 standing queue로 구분하여 계측하였다. 대기열의 속성을 이렇게 분리함으로써 접근로의 상황을 더욱 정확하게 판

단할 수 있을 것으로 기대된다.

개발된 알고리즘의 평가 결과 standing queue의 경우는 수치적으로 만족할만한 결과를 얻었으나, moving queue의 경우 만족스럽지 못한 결과를 얻었다.

moving queue의 경우 만족스러운 결과를 얻지 못한 가장 큰 이유로는 알고리즘 자체가 거시적인 특성을 가진다는 점을 꼽을 수 있다. 본 알고리즘과 같이 셀 단위로의 정보를 기반으로 하는 경우, 이러한 단점은 피할 수 없는 것으로 판단된다. 한편, standing queue의 경우 만족할만한 결과를 얻었다. 그러나, 환경에 예민한 영상검지기의 특성상, 다양한 환경에서 추가적인 실험이 실시 되어 할 것이다.

## 참고문헌

1. 이승환 외, "영상처리 기반의 실시간 대기길이 계측 알고리즘 개발," 대한교통학회지, 제15권 제4호, pp.166~169, 1997.
2. 박창호 외, 교통감시 및 통제를 위한 화상감지 시스템 적용에 관한 연구, 경찰대학치안연구소, 1995.
3. Michalopoulos et al., "Vehicle Detection through Image Processing for Traffic Surveillance and Control," US Patent No. 4,847,772., 1989.
4. Frans Lemaire, Marc Coussment, "Report of DEVLONICS Video Based Traffic Detector System," ASCE(TE) Applications of Advanced Technologies, pp.101~105, 1991.
5. A. Rourke, M.G.H. Bell, "Traffic Queue Detection Using Image-Processing," ASCE(TE) Application of Advanced Technologies, pp.106~110, 1991.
6. Masakatsu Higashikubo, Toshio Hinenoya and Kouhei Takeuchi, "Traffic Queue Length Measurement Using an Image Processing Sensor," Third Annual World Congress on Intelligent Transport System, Orland, U.S.A., Oct., 1996.