

영상처리를 이용한 공간 교통정보 측정

Measurement of Spatial Traffic Information by Image Processing

권영탁, 소영성
Young-Tak Kwon, Young-Sung Soh

명지대학교 정보통신공학과
449-728 경기 용인시 남동 산 38-2번지
Dept. of Information and Communication Engineering, MyongJi University
San 38-2, Nam-Dong, YongIn, KyungGi-do, 449-728 Korea

요약

교통정보는 크게 지점정보와 공간정보로 나눌 수 있다. 지점정보는 한 지점에서의 차량의 유무 판정을 통해 얻을 수 있는 정보이며, 공간정보는 일정 공간을 관찰해야만 얻을 수 있는 고급 교통정보이다. 영상처리를 이용해 공간정보를 측정하기 위해서는 차량의 전역 추적을 필요로 하는데 전역 추적에 기반한 영상검지기는 비디오 입력, 차량 탐지, 차량 추적, 교통정보 측정의 네 부분으로 나눌 수 있다.

기존의 연구들은 비디오 입력시 자동 아이리스를 사용하여 급격한 밝기변화에 대응치 못하는 단점이 있고 차량 탐지시 기존의 배경생성 방법들은 정체가 심한 교차로에서 매우 좋지 않은 결과를 보인다. 또한 대부분의 연구에서 교통정보 측정을 지점 정보로만 국한하였다. 본 연구에서는 자동 아이리스의 단점 개선을 위해 사용자 제어 아이리스 방법을 제안하였고, 복잡한 교차로에서도 배경생성을 견고히 할 수 있는 장면차이 기반 배경생성 방법을 제안하였다. 또한 통행량/시간/속도는 물론 대기행렬 길이, 회전/직진 교통류의 공간 교통정보를 측정하는 방법을 제안하였고 실제 실험을 해 본 결과 95%~100%의 정확도를 보였다.

Abstract

Traffic information can be broadly categorized into point information and spatial information. Point information can be obtained by checking only the presence of vehicles at prespecified points(small area), whereas spatial information can be obtained by monitoring large area of traffic scene. To obtain spatial information by image processing, we need to track vehicles in the whole area of traffic scene. Image detector system based on global tracking consists of video input, vehicle detection, vehicle tracking, and traffic information measurement. For video input, conventional approaches used auto iris which is very poor in adaptation for sudden brightness change. Conventional methods for background generation do not yield good results in intersections with heavy traffic and most of the early studies measure only point information.

In this paper, we propose user-controlled iris method to remedy the deficiency of auto iris and design frame difference-based background generation method which performs far better in complicated intersections. We also propose measurement method for spatial traffic information such as interval volume/time/velocity, queue length, and turning/forward traffic flow. We obtain measurement accuracy of 95%~100% when applying above mentioned new methods.

Keywords: Spatial traffic information, image detector, iris, vehicle detection, tracking, background generation

I. 서론

차량 증가와 도로여건의 부족으로 교통관련 기술개발의 궁극적 목표인 안전(safety)과 효율(eficiency)이 위협을 받는 현 시점에서 교통혼잡 해소와 운전자 편의, 교통관리의 효율성을 높이기 위해 교통정보를 수집 가공하여 분배하는 일은 매우 중요하다.

이중 교통정보를 자동으로 측정하기 위해 루프, 초단파, 적외선, 수동 음향배열, 영상 등의 다양한 방법이 소개되었는데, 특히 도로에 설치된 CCTV 카메라를 통해 입력된 영상열을 분석하는 영상검지 기술은 신뢰도, 환경내용성, 전력소요 및 검지영역의 광범위 등의 관점에서 타 검지기술에 비해 모든 면에서 우위를 점하고 있다.

전역 추적에 기반한 일반적인 영상검지기의 구조는 그림 1과 같으며 비디오 입력, 차량 탐지, 차량 추적, 교통정보 측정의 네 부분으로 구성되어 있다. 차량 탐지에서는 입력된 영상열을 분석하여 차량을 추출하며 차량 추적에서는 탐지된 차량의 움직임을 분석하여 개개의 차량을 추적한다.

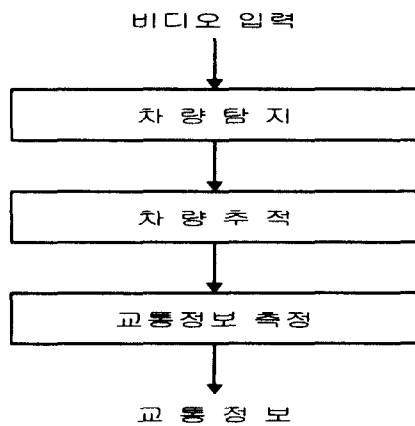


그림 1. 영상검지기의 기본 구조

Fig. 1 Basic structure for image detector

교통정보는 크게 지점 교통정보와 공간 교통정보로 나뉜다. 지점 교통정보는 특정 검지위치에서의 차량 유무 판별을 통해 얻을 수 있는 교통량, 속도, 점유율 등을 의미하며 공간 교통정보는 일정 공간(구간)내의 차량의 움직임을 알아야만 얻을 수 있는 구간 통행량/시간/속도, 대기행렬 길이, 회전/직진 교통류, 충격과 속도 등을 의미하는데 이의 측정을 위해서는 전역적인 차량 추적을 요한다.

본 논문에서는 차량 탐지의 정확도를 높이기 위해 다른 모든 연구에서 사용하는 자동 아이리스(Auto Iris) 대신 사용자 제어 아이리스(User-Controlled Iris) 방법을 제안하고, 장면차이 기반 배경생성 방법을 이용하여 부분 정체가 심한 복잡한 교차로에서의 배경생성 방법을 제안한다. 배경차이를 통해 추출된 차량들에 대해 겹침(occlusion)과 나

타남(disocclusion) 현상에 강인한, 허상처리 능력을 갖춘 개별 차량 추적방법을 제안한다. 또한 카메라 보정을 통해 모든 화소간 실측거리를 구하고 구간 통행량/시간/속도, 대기행렬 길이, 회전/직진 교통류의 공간 정보를 측정하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 영상검지기과 관련된 종전 연구를 소개하며, 3장에서는 영상검지기를 이루는 각 부분에 대해 새로운 방법을 제안한다. 도로 영상을 녹화한 비디오테이프를 사용하여 실험한 결과를 4장에서 보이고, 5장에서는 결론과 향후 연구방향을 제시한다.

II. 관련 연구

2.1 카메라 아이리스

자동 아이리스란 카메라 렌즈를 통해 입력되는 광량을 조절하는 장치로 대부분의 영상검지기는 자동 아이리스를 사용하고 있다. 이 방법은 밝기가 서서히 변하는 상황에서는 결과가 좋으나 역광 및 반사광과 같은 환경 하에서는 좋지 않은 결과를 보인다. 이를 개선하기 위해 입력영상 전체영역의 밝기값을 사용하지 않고 특정한 관심영역 즉, ROI(Region of Interest)내의 밝기값의 평균치에 의해서만 광량을 조절하는 CDS(황화카드뮴) 광센서를 이용한 방법이 연구되었는데, 역광 문제는 해결할 수 있었으나 ROI내 급격한 밝기값의 변화가 있는 경우(예를 들어, 버스의 밝은 지붕이 ROI를 꽉 채우고 지나간 직후 어두운 차량이 ROI에 진입할 경우) 자동 아이리스 방법과 마찬가지로 카메라 아이리스의 반응 시간이 길기 때문에 좋은 결과를 얻을 수 없다.

2.2 차량 탐지

영상검지기에서 차량 탐지를 위해 사용하는 방법은 장면차이(frame differencing), 배경차이(background differencing), 공간차이(spatial differencing), 밝기값 비교(gray-level comparison) 등이 있다. 이중에서 배경차이 방법은 입력영상과 배경영상의 차영상을 구하여 움직이는 물체 영역을 추출해내는 기법인데 초기에 배경영상 생성과정이 필요하나 배경이 잘 생성된 경우에 차량추출이 용이하므로 대부분의 영상검지기에서 채택되고 있는 방법이다.

배경차이 방법을 사용하려면 좋은 배경영상이 필요한데 배경부분을 통계학적으로 모델링하기 위해 한 개 화소위치에 나타날 수 있는 밝기값의 분포를 unimodal로 가정한 방법[1~4], bimodal로 가정한 방법[5, 6], multimodal로 가정한 방법[7]이 제안되었으나 교차로와 같이 복잡한 통행패턴을 갖는 경우에는 모두 좋지않은 결과를 보인다.

한편, 시간의 흐름에 따른 배경영상의 변화를 반영

하기 위해 배경갱신 과정이 추가적으로 필요하다. 이를 위해서는 기존의 연구가 대부분 recursive filtering[8]를 사용하였다.

2.3 차량 추적

이동물체 추적 방법은 크게 특징점 추적과 영역 추적 방법으로 나눌 수 있다.

특징점 추적은 영상열내에 특징을 이룰 만한 점들이 존재한다고 가정하고 그 점들을 추적하는 방법이며 최적화[9], 예측[10] 등의 방법이 있다. 최적화 방법은 영상열내 특징점들의 움직임이 연속적이며 부드럽다는 가정하에 smoothness 제약을 적용하여 특징점들을 추적할 때 가능한 모든 추적 경로의 조합중에서 부드러움의 정도를 극대화시키는 것을 선택하는 방법으로 초기값은 필요없으나 처리시간이 오래 걸린다. Greedy exchange, Relaxation labelling 등의 방법이 여기에 속한다. 예측방법은 이전 추적자료를 근거로 앞으로 특징점이 나타날 수 있는 장소를 예측하고 예측된 영역내의 실제 특징점들 중에서 추적된 점을 정하는 방법이다. 따라서 최적화 방법에 비하여 처리시간은 짧으나 초기값을 필요로 하는데, Kalman filtering, Opportunistic selection search, PDA(Probabilistic Data Association) 방법이 여기에 속한다.

영역 추적 방법은 추적대상 물체를 점들의 집합인 영역으로 보고 추출된 영역의 위치 정보를 이용하여 추적하는 방법인데, 전체 영역에 대한 추적 개념으로서 특징점 추적과는 달리 잡음에 비교적 둔감하다. 여기에는 모션기반 방법[11~17], 그리고 영역상용 방법[18~22]이 있다. 모션기반 방법은 영상내에서 실제로 발생한 움직임 자체를 찾아 내어 추적하는 방법으로 광류나 모션에너지를 사용한다. 특히 모션에너지 방법에서는 다양한 형태의 temporal filter 를 사용할 수 있다. 영역상용 방법은 물체를 인식하지는 않으나 각 영상에서 구해진 영역을 잘 묘사할 수 있는 특징(모양 등)과 영역의 위치정보 등을 사용하여 영역을 상응시킴으로써 추적을 행하는 방법이다.

2.4 교통정보 측정

Michalopoulos[23]는 영상내 설치된 가상 루프(virtual loop)를 통해 교통량, 속도(시간평균속도, 공간평균속도), 차선분포, 점유율 등의 교통변수를 측정하는 연구를 하였으며, Inigo[9, 24]는 영상검지기의 개발 현황을 survey하여 각 국가별 차량 탐지방법과 속도 측정 방법을 소개하였고 카메라 보정과 속도 측정오류 등을 연구하였다. 또한 교통정보 수집에 영향을 미칠 수 있는 급격한 광량 변화와 차량 오탐지, 그림자 등의 문제를 다소 극복할 수 있는 방안을 제안하였다.

Hoose[25]는 lane monitoring방식을 이용하여 대기

행렬 길이를 측정했는데 정지차량 등의 유고검지 방법에 대해 연구하였으며, Kilger[26]는 배경차이에 의해 추출된 차량의 그림자에서 edge detail이 적다는 점에 착안하여 그림자 필터링을 하는 방법을 소개하였다.

또한 Hoose 등[27]은 차량을 계수하는 방법을 연구하였으며, Kalo 등[28]은 밝기값 비교에 의한 차량 탐지 방법과 교통량, 속도, 평균 속도, 차두 간격 등의 교통정보를 측정할 수 있는 방법을 실제 시스템 구조와 함께 소개하였다.

Fathy 등[8]은 separable 형태의 에지 연산자를 이용하여 차량을 탐지하고 교통량, 속도, 차종을 측정할 수 있는 방법을 제시하였다.

그러나, 이상에서 살펴본 대부분의 연구는 가상의 루프가 설치된 곳에서의 차량의 유무를 판단하여 측정할 수 있는 지점 교통정보에 국한되어 있으며, 전역 추적이 요구되는 공간 교통정보 측정에 관한 연구는 많이 부족한 실정이다.

III. 제안된 방법

본 연구에서 제안하는 공간 교통정보 수집 시스템의 구성을 도시하면 그림 2와 같으며, 각 부분을 위해 제안된 방법은 다음과 같다.

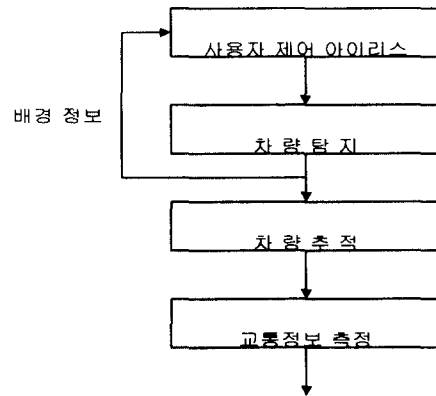


그림 2. 제안된 공간 교통정보 수집 방법
Fig. 2 Proposed method for spatial traffic information collection

3.1 사용자 제어 아이리스

그림 2에서 사용자 제어 아이리스는 차량탐지 정확도를 높이기 위해 본 연구에서 추가된 부분이다. 기존의 자동 아이리스(Auto Iris) 및 CDS 광센서를 이용한 방법이 입력영상 전체나 ROI의 밝기 평균값에 의존하기 때문에

밝기값이 급변하는 상황에서 늦은 아이리스의 반응속도로 인해 입력영상의 열화를 초래한다. 이 문제를 해결하기 위해 카메라의 광량을 영상 전체나 ROI의 밝기값에 의존하는 것이 아니라 추출된 배경 부분의 밝기값에만 의존하여 조절하는 사용자 제어 아이리스(UCI: User-Controlled Iris) 방법을 제안하여 사용한다.

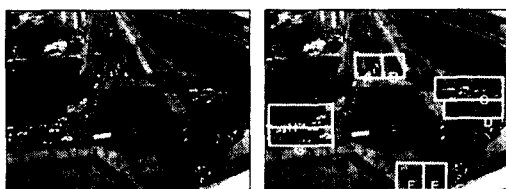
사용자 제어 아이리스 방법은 배경영상의 밝기값 변화에만 반응하도록 카메라 아이리스를 사용자가 직접 제어하는 방법인데 이 방법을 사용하게 되면 입력영상의 밝기값의 급격한 변화에 상관없이 양질의 입력영상을 얻을 수 있다.

3.2 차량 탐지

배경차이 방법을 이용하여 차량을 탐지하기 위해서는 배경영상 생성과 갱신의 단계가 필요하다.

1) 배경영상 생성

도로는 크게 신호대기가 없는 고속도로와 신호대기가 있는 교차로로 나눌 수 있는데 고속도로의 경우 배경생성이 비교적 용이하나 교차로의 경우 복잡한 통행패턴으로 인해 배경생성이 어렵다. 부분 정체가 심한 교차로의 예가 그림 3(a)에 나타나 있다. 교차로를 위한 새로운 배경생성 방법(그림 4)의 적용을 위해 그림 3(b)와 같이 각 approach별 진출, 진입 영역으로 세분한다.



(a) 부분 정체가 심한 교차로, (b) 부분 영역 분할
그림 3. 교차로 영역 분할 예

Fig. 3 An example of area division in an intersection

구분된 각 영역에 대해 차량의 정체(대기)가 있는 경우 배경생성에 참여하지 못하도록 하기 위해 장면차이를 적용하였고 일정량 이상의 차이가 있는 경우에만 배경생성에 참여하도록 하는데 분할된 영역별 화소단위의 시간축상에서의 누적 평균 또는 최빈값을 이용한다. 이렇게 생성된 배경영상을 권영탁 등[5]이 제안한 차량탐지 정보를 이용한 배경생성 방법의 초기배경으로 사용한다.

교차로의 내부영역은 대부분 차량의 정체가 없는 구간이므로 평균 또는 최빈값을 이용하여 배경을 생성한다.

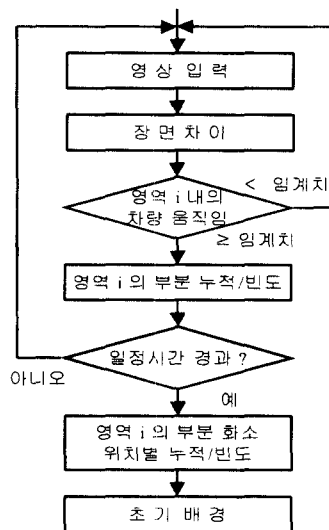


그림 4. 장면차이 기반 초기배경 생성 방법

Fig. 4 Initial background generation method based on frame differencing

2) 배경영상 갱신

생성된 배경영상은 시간이 경과함에 따라 오차에 의한 열화를 초래할 수 있는데 이는 차량 탐지 오류의 원인이 될 수 있다. 따라서 본 연구에서 제안하는 방법은 일정시간을 주기로 배경을 다시 생성하는 short-time interval 배경생성 및 갱신 방법을 사용한다. (그림 5 참조)

구간 i 에서는 구간 $i-1$ 에서 생성한 배경(B_{i-1})을 갱신해 가면서 사용하며 동시에 구간 $i+1$ 에서 사용할 배경 B_i 를 생성한다. 이와같이 함으로써 배경 갱신에 의한 오류 누적을 줄일 수 있다. 각 구간에서의 배경 갱신을 위해 recursive filtering을 사용하는데 이는 식 (1)과 같이 주어진다.

$$B^t(x, y) = B^{t-1}(x, y) + \alpha [I^t(x, y) - B^{t-1}(x, y)] \quad (1)$$

여기서 $B^t(x, y)$ 는 화소위치 (x, y) 의 t 시간에서의 배경값을 나타내고, $I^t(x, y)$ 는 화소위치 (x, y) , t 시간에서의 입력영상의 밝기값을 나타낸다.

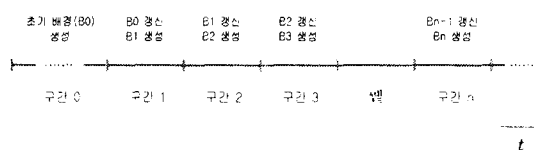


그림 5. Short-time interval에 의한 배경갱신 방법
Fig. 5 Background updating scheme using short-time interval

즉, t 시간에서의 새로운 배경은 $t-1$ 시간에서의 배경값의 일정 비율, 입력 밝기값과 $t-1$ 시간에서의 배경값간의 차이의 일정비율을 반영시키는 방식인데, 여기서 a 는 반영비율이다.

3.3 차량 추적

차량 추적은 예측과 상응의 2단계로 이루어지는 허상 추적이 가능한 방법을 사용한다.

1) 예측

움직이는 차량의 다음 시점에서의 위치를 미리 예측함으로써 영상내 탐색공간을 줄일 수 있는데 차량의 움직임에 대해 아래의 두 가지 사항을 가정한다.

- 등속도 운동 - 차량은 거의 비슷한 속도로 움직인다. 즉, 영상 표본 주기동안 가속과 감속의 요소는 매우 작다.
- 부드러운 궤적 운동 - 차량의 이동 방향은 급하게 변하지 않는다. 즉, 방향 변화량이 매우 작다.

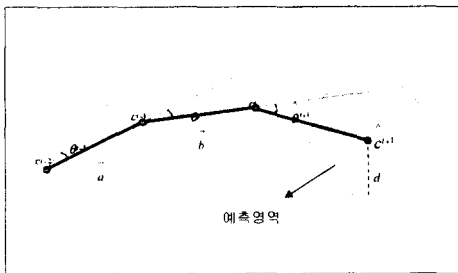


그림 6. 거리와 방향정보를 이용한 예측

Fig. 6 Prediction by distance and direction information

일단, 차량이 추출되면 그림 6과 같이 각 시점에서의 물체 중심점을 구하고 이동방향과 거리를 식 (2)와 같이 예측한다.

$$\hat{c}_{t+1} = \begin{pmatrix} \cos \hat{\theta}_{t+1} & -\sin \hat{\theta}_{t+1} \\ \sin \hat{\theta}_{t+1} & \cos \hat{\theta}_{t+1} \end{pmatrix} \vec{b} + c_t \quad (2)$$

여기서,

\hat{c}_{t+1} : $t+1$ 시간에서의 물체 중심점 예측 위치

$\hat{\theta}_{t+1}$: $t+1$ 시간에서의 물체 중심점 예측 방향

c_t : t 시간에서의 물체 중심점 실측 위치

θ_t : t 시간에서의 물체 중심점 실측 방향

\vec{b} : c_{t-1} 과 c_t 를 잇는 벡터

\vec{a} : c_{t-2} 와 c_{t-1} 를 잇는 벡터

$$\theta_t = \cos^{-1} \left(\frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| |\vec{b}|} \right)$$

$$\hat{\theta}_{t+1} = \frac{\theta_t + \theta_{t-1}}{2} \quad \text{이다.}$$

이상의 과정을 통해 \hat{c}_{t+1} 이 결정되면 \hat{c}_{t+1} 을 중심으로 하는 반경 d 의 구역을 예측 영역으로 설정한다.

2) 상응

상응 방법은 t 시점에서 이미 계산되어 알고 있는 $t+1$ 시점에서의 예측치 \hat{c}_{t+1} 와 $t+1$ 시점에서 실제 추출되는 차량들의 중심점간의 거리를 계산하여 식 (3)과 같은 방법으로 선택한다.

$$\min_{i \in \text{예측영역}} \| c_{t+1}^i - \hat{c}_{t+1} \| \quad (3)$$

여기서 c_{t+1}^i 는 $t+1$ 시점에서의 i 번째 물체의 실측위치이고 이 식을 최소화시키는 i 가 \hat{c}_{t+1} 과 상응하게 된다.

예측된 탐색공간에서 차량이 추출되지 않았을 경우 추적대상 차량이 사라진 것으로 판단하며, 여러 개의 예측치가 하나의 물체로 상응될 경우 겹침이 발생한 것으로 간주한다. 이때 겹쳐진 차량들의 정확한 위치를 알 수 없으므로 계산에 의한 예측치를 현재시점의 실측값으로 가정하고 허상추적을 계속 해나간다. 겹침이 없다면 이전 예측치에 기반하여 겹침 발생전과 동일한 방법으로 상응을 행한다.

3.4 공간 교통정보 측정

1) 구간 교통량/통행시간/속도

가. 구간 통행량

사용자가 정의한 구간별로 정해진 시간내 통과하는 차량의 수를 차량 추적 결과를 이용하여 계산한다.

나. 구간 통행시간

사용자가 정의한 구간별로 차량의 앞부분이 해당 구간에 들어오는 시점부터 나가는 시점까지의 시간을 일정시간 평균한 값이다.

다. 구간 통행속도

통행속도는 공간 및 시간 평균속도로 정의되는데, 공간 교통정보에 해당하는 공간 평균속도를 사용한다. 공간 평균속도를 얻는 방법은 사용자가 정의한 구간별로 구간의 실측거리를 구간 통행시간으로 나눈 것을 일정시간 평균한다.

2) 대기행렬 길이

추출된 차량의 속도를 관찰하여 대기행렬 길이 측정 시점(교차로 병목지점)으로부터 차량의 속도가 매우 낮고, 그러한 차량들간의 간격이 문턱치 이하인 모든 차량을 포함

하는 행렬의 길이로 정의하는데, 행렬의 길이를 거리(m)로 측정한다.

3) 회전/직진 교통류

회전/직진 교통류란 네거리의 각 차량이 어느 approach에서 진출하여 어느 approach로 진입하는가에 관한 정보이다. 사용자가 정의한 구간은 진입구간과 진출구간으로 나눌 수 있는데 차량이 진입구간을 나오는 순간 그 구간의 ID와 차량번호 정보가 차량에 부과되며 차량이 진출구간으로 빠져나가는 순간 해당 차량이 좌회전, 우회전, 직진 중 어떤 교통류에 해당하는지가 결정된다.

IV. 실험 결과

4.1 사용자 제어 아이리스

밝은 색 대형차량의 뒤를 따르는 어두운 색 소형차량의 경우를 그림 7과 같이 실험하였다. 그림 7(a)는 자동 아이리스를 사용한 결과이며, 그림 7(b)는 사용자 제어 아이리스에 의한 결과이다. 자동 아이리스 방법의 경우 밝은 차량 진입시 아이리스가 닫히기 때문에 어두운 차량이 뒤따라 들어올 때 닫혔던 아이리스가 미처 반응하지 못해 어두운 차량이 미탐지된다.(그림 7(a) 참조)



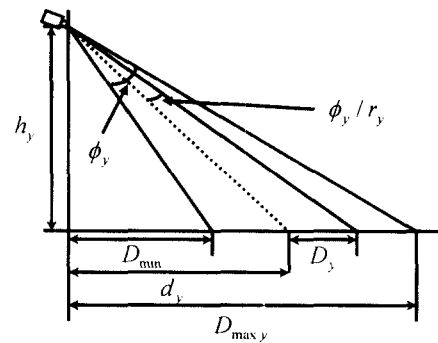
(a) 자동 아이리스 (b) 사용자 제어 아이리스
그림 7. 자동 및 사용자 제어 아이리스 결과 비교

Fig. 7 The comparison result of auto iris and user-controlled iris

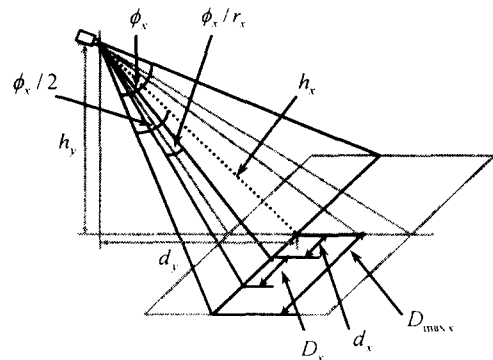
이와는 달리 배경영상의 밝기값에만 의존하는 사용자 제어 아이리스를 사용하는 경우 움직이는 물체의 밝기에 관계없이 아이리스가 닫히지 않아 그림 7(b)에서 보는 것처럼 어두운 소형차량을 용이하게 탐지해 낼 수 있다.

4.2 카메라 보정

공간 교통정보를 정확히 측정하기 위해 영상내 차량의 위치와 실측거리를 계산해야 하는데 본 연구에서는 Inigo[24]의 화소간 실측거리 계산방법을 사용했으며, 그림 8에 도시한 것과 같이 계산된다.



(a) 세로화소 실측거리



(b) 가로화소 실측거리

그림 8. 화소간 실측거리 계산

Fig. 8 Computation of real world distance between pixels

카메라 초점거리, CCD렌즈의 가로(x)/세로(y) 길이를 알면 식 (4)로부터 순서대로 카메라의 패닝각(phi_x)과 틸트각(phi_y)을 계산해낼 수 있다.

$$\phi = 2 \times \tan^{-1} \frac{D}{2f} \quad (4)$$

f: 초점거리, D: CCD 가로(x) 또는 세로(y) 길이

식 (4)에서 구해진 phi_y 와 그림 8의 h_y, D_min 값을 식 (5)에 각각 적용하면 D_y 값과 D_max 을 식 (5) 및 (6)과 같이 구할 수 있다. 여기서 D_y 는 세로 한 화소의 실측거리를 나타내고, phi_y / r_y 는 틸트각(phi_y)을 세로 화소의 갯수(r_y)로 나눈 것이다.

$$D_y = h_y \tan \left(\tan^{-1} \frac{d_y}{h_y} + \frac{\phi_y}{r_y} \right) - d_y \quad (5)$$

$$D_{max,y} = h_y \tan \left(\tan^{-1} \frac{D_{min,y}}{h_y} + \phi_y \right) \quad (6)$$

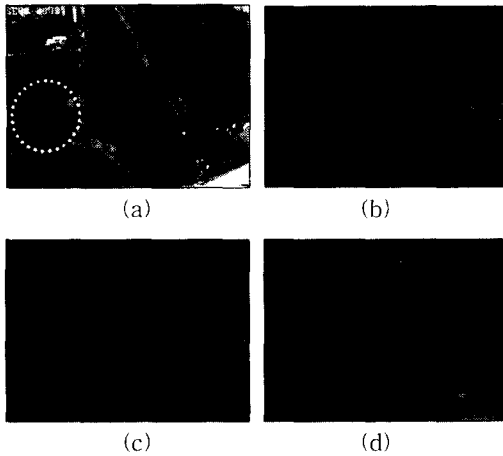
가로 화소간의 실측거리도 식 (7)과 같이 동일한 방법으로 계산된다.

$$D_x = h_x \tan(\tan^{-1} \frac{d_x}{h_x} + \frac{\phi_x}{r_x}) - d_x \quad (7)$$

영상내 가로 화소간의 실측거리를 구할 때는 h_x 와 d_x 로부터 그림 8(b)의 점선 길이(h_x)를 구할 수 있다.

4.3 차량 탐지

그림 9에 신호대기로 인해 정체가 심한 교차로에서의 배경생성 결과가 나타나 있다. 그림 9(a)는 정체가 심한 교차로의 full view를 나타내고 있으며 그림 9(b)와 그림 9(c)는 각각 기존의 평균을 이용한 방법, 차량 탐지정보를 이용한 방법[5]의 결과를 보여주고 있는데 그림 9(a)부분에서 점선 원에 해당하는 영역을 확대한 것이다. 그림 9(b)와 그림 9(c)는 모두 장시간 신호대기에 의한 차량의 잔상이 많이 남아 있음을 볼 수 있으나 본 논문에서 제안한 방법을 사용한 결과 그림 9(d)와 같이 차량 잔상이 거의 없는 좋은 결과를 보였다. 이렇게 만들어진 배경을 이용해 차량을 추출한 결과는 그림 10과 같다.



(a) 부분 정체가 심한 교차로 (b) 종래의 배경생성 방법 (평균) (c) 차량 탐지정보를 이용한 방법 (d) 장면차이 기반 배경생성 방법

그림 9. 부분정체가 심한 교차로 배경생성

Fig. 9 Background generation in an intersection with heavy traffic jam



그림 10. 교차로에서의 차량 추출 결과

Fig. 10 Result of vehicle extraction in an intersection

4.4 차량 추적

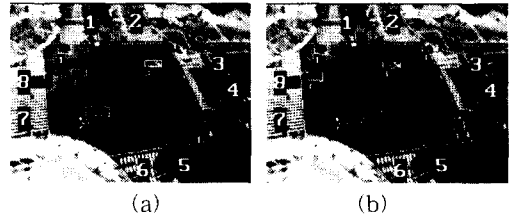


그림 11. 교차로 차량추적

Fig. 11 Vehicle tracking in an intersection

그림 11에 교차로에서의 차량 추적 결과가 나타나 있는데, 그림 11(a)와 그림 11(b)는 연이은 프레임을 나타내며 1~8까지의 큰 숫자는 각 approach의 진출/진입 영역 ID이며, 이 중에서 진출 영역에 해당하는 1, 3, 5, 7 차선을 각각 approach A, B, C, D로 설정하였다. 또한 추출된 차량에 붙은 번호는 해당 차량이 진출한 영역의 ID이며 실험 결과 대부분의 차량이 잘 추적됨을 알 수 있다.

4.5 교통정보 측정

구간 통행량/시간/속도, 대기행렬 길이, 회전/직진 교통류의 공간정보 측정을 위해 서울시내 교차로 몇 곳을 비디오 촬영하여 실험하였으며 결과는 다음과 같다.

표에서 미탐지는 miss, 오탐지는 false positive를 의미한다. 기존 영상검지기에서의 측정정확도 계산은 미탐지와 오탐지가 서로 상쇄될 수 있어 정확한 정확도 계산이 이루어지지 못하였으나 본 방법에서는 정확한 정확도를 계산할 수 있다. 예를 들어, 100대의 차량을 탐지하였는데 그 중 3대를 미탐지하고 3대를 오탐지했다면 실제 정확도는 94%여야 하는데 반해 기존의 영상검지기들은 100%로 부정확하게 계산하고 있다. 본 방법의 실험 결과는 거의 모든 교통정보에 대해 95%~100% 사이의 높은 정확도를 보였다.

1) 구간 교통량/통행시간/속도

가) 서울 풍납사거리 (주간, 테스트 6분)

표 1. 구간 통행량

Table 1. Interval traffic volume

구 간	실 제 통행량 (대)	테스트 결과				측 정 통행량 (대)	측 정 정확도 (%)
		미탐지		오탐지			
		(대)	(%)	(대)	(%)		
차선 1	41	0	0.00	2	4.88	43	95.12
차선 2	9	0	0.00	0	0.00	9	100.00
차선 3	18	0	0.00	1	5.56	19	94.44
계	68	0	0.00	3	4.41	71	95.59

표 2. 구간 통행시간

Table 2. Interval travel time

구 간	실제통행 시간(초)	추정통행 시간(초)	추정정확도 (%)
차선 1	5.91	6.03	97.97
차선 2	8.25	8.01	97.09
차선 3	25.14	25.93	96.86
평 균	13.10	13.32	98.30

표 3. 구간 통행속도

Table 3. Interval travel velocity

구 간	실제 속도 (km/h)	추정 속도 (km/h)	추정 정확도 (%)
차선 1	24.54	23.90	97.39
차선 2	24.86	25.61	96.98
차선 3	11.39	11.06	97.10
평 균	20.26	20.19	99.64

나) 서울 염곡교차로 (야간, 테스트 4분)

표 4. 구간 통행량

Table 4. Interval traffic volume

구 간	실 제 통행량 (대)	테스트 결과				추 정 통행량 (대)	추 정 정확도 (%)
		미탐지		오탐지			
		(대)	(%)	(대)	(%)		
차선 1	46	0	0.00	2	4.35	48	95.65
차선 2	48	0	0.00	2	4.17	50	95.83
계	94	0	0.00	4	4.26	98	95.74

표 5. 구간 통행시간

Table 5. Interval travel time

구 간	실제통행 시간(초)	추정통행 시간(초)	추정정확도 (%)
차선 1	8.04	8.28	97.01
차선 2	7.26	7.43	97.66
평 균	7.65	7.86	97.32

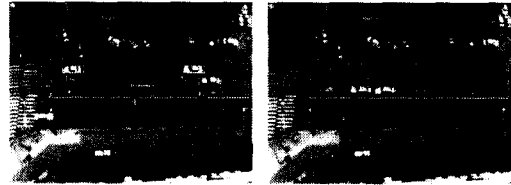
표 6. 구간 통행속도

Table 6. Interval travel velocity

구 간	실제 속도 (km/h)	추정 속도 (km/h)	추정 정확도 (%)
차선 1	13.22	12.80	96.82
차선 2	15.35	14.92	97.20
평 균	14.29	13.86	97.02

2) 대기행렬 길이

가. 서울 풍납사거리 (주간, 테스트 6분)



(a) 차량탐지 (b) 대기행렬

그림 12. 대기행렬 길이 (주간)

Fig. 12 Queue length (daytime)

표 7. 최대 대기행렬 길이

Table 7. Maximum length of queue

구 간	대기행렬 길이
차선 1	28.72 m
차선 2	5.49 m
차선 3	37.03 m
평 균	23.75 m

나. 서울 염곡교차로, (야간, 테스트 4분)



(a) 차량탐지 (b) 대기행렬

그림 13. 대기행렬 길이 (야간)

Fig. 13 Queue length (night)

표 8. 최대 대기행렬 길이

Table 8. Maximum length of queue

구 간	대기행렬 길이
차선 1	13.08 m
차선 2	12.29 m
평 균	13.02 m

3) 회전/직진 교통류

가. 서울 풍납사거리 (주간, 테스트 6분)

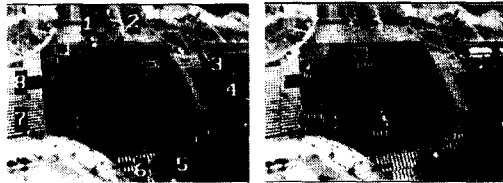


그림 14. 교차로 회전/직진 교통류

Fig. 14 Turning/forward traffic in an intersection

나. Approach별 결과 (단위: 대)

표 9. Approach A 결과

Table 9. The result for approach A

구분	좌회전	우회전	직진	계
실제통행량(대)	28	30	31	89
측정통행량(대)	28	28	30	86
측정정확도(%)	100.00	93.33	96.77	96.63

표 10. Approach B

Table 10. The result for approach B

구분	좌회전	우회전	직진	계
실제통행량(대)	21	18	133	172
측정통행량(대)	21	19	129	169
측정정확도(%)	100.00	94.44	96.99	98.26

표 11. Approach C

Table 11. The result for approach C

구분	좌회전	우회전	직진	계
실제통행량(대)	10	22	4	36
측정통행량(대)	10	21	4	35
측정정확도(%)	100.00	95.45	100.00	97.22

표 12. Approach D

Table 12. The result for approach D

구분	좌회전	우회전	직진	계
실제통행량(대)	0	22	125	147
측정통행량(대)	0	23	129	152
측정정확도(%)	100.00	95.45	96.80	96.60

표 13. Approach A/B/C/D 누계

Table 13. Accumulated sum of approach A/B/C/D

구분	좌회전	우회전	직진	계
실제통행량(대)	59	92	293	444
측정통행량(대)	59	91	292	442
측정정확도(%)	100.00	98.91	99.66	99.55

V. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 기존의 자동 아이리스 및 CDS방법의 문제점을 해결할 수 있는 사용자 제어 아이리스 방법을 제안하였다. 또한 기존 배경생성 방법으로 해결하기 힘든 정체가 심한 교차로를 위한 배경생성과 갱신 방법을 소개했으며 이를 통해 탐지된 차량들을 추적하는 예측과 상용기반의 방법을 제안하였다.

공간 교통정보를 측정하기 위하여 Inigo의 카메라 보정방법을 적용, 입력영상의 화소간 실측거리를 모두 계산하였고 차량이 검지영역을 통과하는 시간과 추적 정보를 이용하여 구간 통행량/속도/시간, 대기행렬 길이, 회전/직진 교통류를 측정하는 방법을 제안하여 실험을 통해 좋은 결과를 보였다.

본 논문에서 다룬 공간 교통정보 이외에 여러 대의 카메라로부터의 입력을 연계 처리해야 얻을 수 있는 충격과 등의 고급 공간 교통정보가 있는데 이는 차후 연구할 과제이다.

접수일자 : 2001. 3. 6

수정완료 : 2001. 4. 2

참고 문헌

- [1] C. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell, and A. Pentland, "Pfinder: Real-Time Tracking of the Human Body," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.19, No.7, July 1997
- [2] A. Lipton, H. Fujiyoshi, and R. Patil, "Moving Target Detection and Classification from Real-Time Video," Proc. IEEE Workshop Application of Computer Vision, 1998
- [3] T. Boulton, "Frame-Rate Multibody Tracking for Surveillance," Proc. DARPA Image Understanding Workshop, 1998
- [4] T. Olson and F. Brill, "Moving Object Detection and Event Recognition Algorithms for Smart Cameras," Proc. DARPA Image Understanding Workshop, 1997, pp.159-175
- [5] 권영탁, 소영성 외 3인, 차량탐지 정보를 이용한 영상검지기의 배경영상 생성 방법, 한국항행학회 논문지, 3권 1호, 1999년 6월, pp.60-68
- [6] Ismail Haritaoglu, David Harwood, and Larry S. Davis, "W4: Real-Time Surveillance of People and Their Activities", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 22, No. 8, Aug. 2000, pp.809-830
- [7] E. Grimson and C. Stauffer, "Adaptive Background Mixture Models for Real Time Tracking," Proc. Computer Vision and Pattern Recognition Conf., 1999
- [8] M. Fathy and M. Y. Siyal, "A Window-based edge

- detection technique for measuring road traffic parameters in real-time", *Real-Time Imaging*, Vol.1, 1995, pp.297-305
- [9] Rafael M. Inigo, "Traffic Monitoring and Control Using Machine Vision: A Survey", *IEEE Trans. Vol. IE-32*, No.3, Aug. 1985, pp.177-185
- [10] B. K. P. Horn, "Robot Vision", MIT PRESS, 1986, pp.319-322
- [11] K. Prazdny, "Determining the instantaneous direction of motion from optic flow generated by a curvilinearly moving observer", *Comput. Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 17, 1981, pp.238-248
- [12] S. Ullman, "Analysis of visual motion by biological and computer system", *IEEE Comput.*, vol. COMP-14, no. 8, 1981, pp.57-69
- [13] J. H. Duncan and T. Chor, "Temporal edges : The detection of motion and the computation of optical flow", *Proc. 2nd Int. Conf. Comput. Vision*, Tampa, FL, Dec. 1988, pp.3974-382
- [14] B. K. P. Horn and B. G. Schunk, "Determining optic flow." *Artificial Intell.* vol. 17, 1981, pp.185-203
- [15] B. G. Schunk, "The image flow constraint equation", *Comput. Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 35, 1986, pp.20-40
- [16] R. C. Nelson, "Qualitative detection of motion by a moving observer", *Proc. IEEE Comput. Society Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*. Maui, HI, Jun. 1991, pp.173-179
- [17] T. J. Patterson, D. M. Chabries, and R. W. Christiansen, "Detection algorithms for image sequence analysis", *IEEE Trans. Acoustics, Speech, Signal Processing*, vol. ASSP-37, no. 9, Sep. 1989, pp.1454-1458
- [18] R. Nevatia. "Machine Perception", Prentice- Hall, 1992, pp.80-82
- [19] E. T. Lee, "Fuzzy tree automata and syntactic pattern recognition", *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-10, Mar. 1988, pp.445-449
- [20] K. L. Boyer and A. C. Kak, "Structural stereopsis for 3-D Vision", *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-10, Mar. 1988, pp.144-166
- [21] L. G. Shapiro and R. M. Haralick, "A metric for comparing relational descriptions", *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-7, Jan. 1985, pp.90-94
- [22] Y. Soh, "Dynamic color scene analysis", PH. D. thesis, Univ. of South Calolina, 1989
- [23] P. G. Michalopoulos, "Vehicle detection video through image processing: The Autoscope system", *IEEE Trans. Vehicular Technology*, Vol.40, No.1, Feb. 1991, pp.21-29
- [24] R. M. Inigo, "Application of machine vision to traffic monitoring and control", *IEEE Trans. Vehicular Technology*, Vol. 38, No. 3, Aug. 1989, pp.112-122
- [25] N. Hoose, "IMPACTS: An image analysis tool for motorway surveillance", *Traffic Eng. and Control*, Mar. 1992, pp.140-147
- [26] M. Kilger, "A shadow handler in a video-based real-time traffic monitoring system", *Proc. IEEE workshop on Applications of Comp. Vision*, 1992, pp.11-18
- [27] N. Hoose and L. G. Willumsen, "Automatically extracting Traffic data from video tape using the CLIP4 parallel image processor", *Pattern Recognition letters* 6, 1987, pp.199-213
- [28] K. Kato et al., "Image Processing Traffic Flow Measuring System of the Hokuriku Expressway", *Proc. IAPR Workshop on Computer Vision*, Oct. 1988
- [29] 김양주, 소영성, 효율적인 영상검지를 위한 배경영상 추출 및 갱신방법에 관한 연구, 국가 ITS 기술개발 기반조성을 위한 학술연구, 3권, 국토개발연구원 최종보고서, 1998년 7월, pp.429-463
- [30] 박철홍, 권영탁, 소영성, 모션에너지와 예측을 이용한 실시간 이동물체 추적, 한국항행학회 논문지, 2권, 2호, 1998년 12월, pp.107-115
- [31] 김윤진, 소영성, 영상 처리를 이용한 차량 추출 및 기본 공간 교통정보 측정 방법 연구, 공학석사 학위논문, 명지대학교, 2001년 2월
- [32] M. J. Flether and R. J. Mitchell, "Predicting multiple feature locations for a class of dynamic image sequences", *Image and Vision Computing*, vol. 8, no. 3, Aug. 1990, pp.193-198
- [33] I. K. Sethi and R. Jain, "Finding trajectories of feature points in a monocular image sequence" *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-9, no. 1, Jan 1987, pp.56-73
- [34] W. Long and Y. H. Yang, "Stationary background generation: An alternative to the difference of two images", *Pattern Recognition*, Vol.23, No.12, 1990, pp.1351-1359
- [35] W. H. Sowell and J. S. Labatt, "Video Vehicle detection takes a new track", *Tech. Report, Peek Traffic-Transyt Co.*, Nov. 1995, pp.1-7
- [36] L. Wixson, "Illumination assessment for vision-based real-time traffic monitoring", *Proc. Int'l Conf. Pattern Recognition*, 1996, pp.56-62
- [37] A. E. Polk, "Non-intrusive guidance: Independent assessment of alternative defection devices", *Traffic Technology International*, Feb/Mar 1997, pp.30-34



소영성 (Young-Sung Soh)

正會員

1978년 서울대학교 공업교육학과
공학사

1986년 미국 Univ. of South
Carolina 전산학과 공학석사

1989년 미국 Univ. of South
Carolina 전산학과 (공학박사)

1989년 9월~1991년 8월 시스템공학 연구소 선임 연구원

1991년 3월~현재 명지대학교 전자정보통신공학부 교수

관심분야: 실시간 이동물체추적, 영상기반 교통류측정,
시각검사시스템, 디지털라이브리



권영탁 (Young-Tak Kwon)

準會員

1993년 동아대학교 경영정보학과
경영학사

1997년 충북대학교 전자계산학과
이학석사

1997년 3월~현재 명지대학교
정보통신공학과 박사과정

관심분야: 인공지능, 지능형알고리즘
