

# 웨이브렛 변환 영역에서의 질감 유사성을 이용한

## 차량검지 및 차종분류

임채환, 박종선, 이창섭, 김남철

경북대학교 전자공학과

### Vehicle Detection and Classification Using Textural Similarity in Wavelet Transformed Domain

Chae Whan Lim, Jong Sun Park, Chang Sup Lee, and Nam Chul Kim

Dept. of Electronic Eng., Kyungpook National University

nckim@ee.kyungpook.ac.kr

#### Abstract

In this paper, we propose an efficient vehicle detection and classification algorithm for an electronic toll collection, which is based on shadow robust vehicle presence test. In order to improve the performance of vehicle presence test, we use correlation coefficients between wavelet transformed input and reference images, which takes advantage of textural similarity. We compare the performance of the vehicle presence test with those of some conventional approaches that use variance of frame difference. Experimental results from field tests show that the proposed vehicle detection and classification algorithm performs well even under abrupt intensity change due to the characteristics of sensor and occurrence of shadow.

#### I. 서론

톨게이트 과금을 위해 설치된 루프 검지기 혹은 압력 센서열 검지기는 통과 차량과의 지속적인 접촉에 의해 잦은 수리 및 주기적인 교체를 필요로 하게 된다. 이러한 접촉형 방식의 검지기는 유지 보수에 엄청난 비용이 소비되기에 이를 비접촉형인 영상 검지기로 대체하려는 많은 연구가 있어 왔다[1-5]. 초기의 영상 검지기는 입력영상과 차량이 없을 때 저장된 기준영상과의 차영상에 대한 국부평균 혹은 국부분산을 근거로 이동하는 차량을 검지하고 차량이 검지되는 영역의 크기정보로 대략의 차종을 구분하는 방식을 취하였다[1,2]. 이후에 제시된 방법에서는 변화가 검출되면 변화가 있는 영역을 추출하여 그룹화하고 사각형으로 감싸거나 미리 정해 놓은 3 차원 와이어 프레임에 정합시켜 지속적으로

로 추적하며 차량을 검지하고 사각형의 크기 혹은 정합된 프레임의 모양을 이용하여 차종을 구분한 것이 있다[3-5]. 이 방식은 초기의 방법에 비해 좀더 안정적이고 더 정확한 성능을 보이지만 알고리즘의 복잡성 때문에 실시간 처리에 상당히 어려움이 있다. 또한, 이들 방법들은 모두 그림자에 대해서 문제를 가지고 있다. 그림자가 관측되는 입력영상에서는 그림자 영역의 평균과 분산 값이 작아지는 경향을 나타내는데, 이러한 변화는 종종 그림자 영역을 차량으로 오판하도록 하여 잘못된 차량검지 및 차종분류 결과를 야기한다.

본 논문에서는 그림자에 강건한 특징을 사용한 차량검지 및 차종분류 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘에서는 웨이브렛 변환[6]된 입력영상과 기준영상 간의 국부상관계수를 특징으로 사용하였다. 이러한 특징으로써 도로와 차량의 질감 유사성을 비교함으로써 기존의 방법들에서 문제가 되었던 그림자 문제를 효과적으로 극복할 수 있었고 차량검지 및 차종분류의 성능을 대폭 개선시킬 수 있다. 제안된 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 실시간으로 차량검지 및 차종분류를 하는 시스템을 구현하고 제안된 알고리즘을 적용하여 톨게이트 현장에서 통과하는 차량들에 대하여 직접 알고리즘의 유용성과 성능을 검증한다.

#### II. 영상 검지기

##### 1. 기존의 영상 검지기

기존에 연구되어 왔던 영상 검지기들은 주로 사거리 교통정보 추출 및 교통관제의 목적으로 연구되었기 때문에 아래의 그림과 같이 일정한 높이의 기둥에 설치된 카메라에서 사거리 도로의 몇 개 차선을 동시에 바라보

도록 구성되어 있다[1-5].

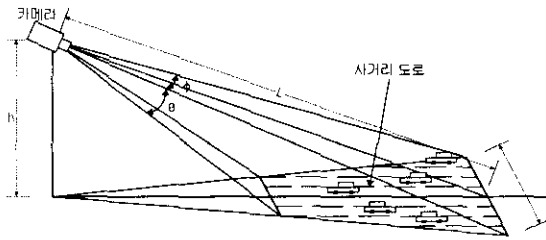


그림 1. 기존의 영상 검지기 구성

이때 아래의 식과 같이 차량이 없을 때에 저장된 기준 영상  $r(x,t)$  과 현재 관측되는 입력영상  $f(x,t)$  와의 차 영상에 대한 신호크기 혹은 분산값  $\sigma_{f-r}^2(x,t)$  을 이진화함으로써 차량을 검지하고 이와 같이 검지되는 영역을 지속적으로 추적한다.

$$P(x,t) = Bin_{Thr}[\sigma_{f-r}^2(x,t)] \quad (1)$$

$$P(x,t) = Bin_{Thr}[|f(x,t) - r(x,t)|] \quad (2)$$

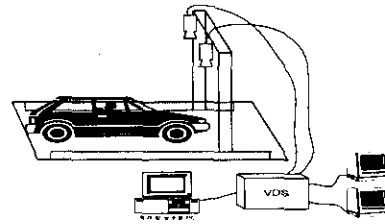
여기서  $Bin_{Thr}[\ ]$  는 문턱값이  $Thr$  인 이진화 연산을 나타낸다. 이와 같이 검지된 차량 영역에 대해서 검지된 면적 혹은 검지된 영역에 대해 미리 정해놓은 3 차원 모델들과의 정합도를 바탕으로 차종을 분류한다.

이러한 영상 검지기는 볼게이트 과급 시스템으로 적용하기에는 몇 가지의 문제가 있는데, 우선 차종 구분시 검지된 영역의 면적을 사용하거나 차량의 형태를 이용한 방법은 최종 분류 결과에 많은 오류가 생길 수 있다. 검지된 영역의 면적에 관해서는 차량 주변에 발생하는 그림자, 입력영상 밝기 값의 프레임간 급격한 변화, 차량 머리부위의 변화가 적은 부분이 문제가 될 수 있다. 차량의 형태만을 이용할 경우에는 대체로 트럭, 지프차, 승용차, 버스등과 같은 부류로는 분류가 쉽게 될 수 있으나 같은 형태이면서 크기가 달라 과급시 다른 종으로 분류되어야 할 때 문제가 발생한다. 다음으로 차량 검지시에도 위와 같이 그림자, 영상의 프레임간 밝기 값의 변화, 차량 머리부위등이 문제를 일으키게 된다.

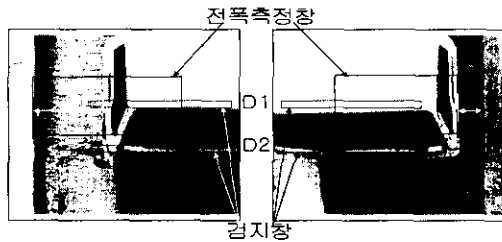
2. 제안된 영상 검지기

제안된 영상 검지기는 볼게이트 과급을 목적으로 하고 있으므로 앞서 연구되어 왔던 영상 검지기와는 다른 구성을 갖도록 하였다. 우선 차종분류를 위해 국내 운행중인 차량의 사양을 조사한 결과 차량 전폭, 차량 바퀴폭, 윤간 거리등에 의해 차종이 구분될 수 있다는 것을 알 수 있었다. 본 논문에서는 이중에서 차량 전폭을 측정함으로써 차종 분류를 하도록 하고 있다. 단일 카메라로 전폭을 측정할 경우 차량의 높이에 따라 발생하는 전폭측정 오차를 줄이고 정확한 전폭을 측정하기

위해 아래의 그림과 같이 구성된 두 개의 카메라를 이용한다. 이때 각 카메라로부터 획득되는 영상에서 볼게이트 진입 차량을 검지하고 차량의 머리 부분에서 각 카메라가 위치하고 있는 쪽의 도로 가장자리로부터 차량의 각측면 경계까지의 거리를 추정한다. 추정된 거리의 합과 전체 도로 폭과의 차로써 최종적인 차량의 전폭을 추정하고 이를 기준으로 4 종의 차종을 구분하게 된다.



(a) 제안된 영상 검지 시스템



(b) 제안된 영상 검지기의 화면구성  
그림 2. 제안된 영상 검지기의 구성

차량 검지와 차종 분류 알고리즘은 아래의 그림과 같다.

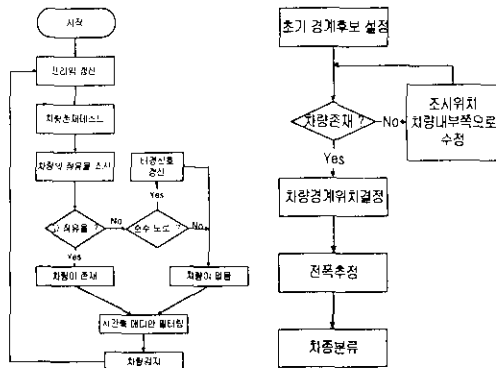


그림 3. 차량 검지 및 차종 분류 알고리즘

차량 검지의 경우 화면상에서 차량이 이동하는 경로 상에 위치하는 검지창 내부에 대해서 차량 존재 테스트를 하고 차량으로 판단되는 부분의 창내 점유율로써 최종 차량 검지 결과를 내린다. 이러한 검지창을 각 카메라 별로 두 개씩 두어 검지시점의 선후 관계와 시간의 흐

름에 따른 검지결과들을 이용하여 차량의 진행방향 판단 및 통과한 차량의 계수, 차량의 진입시 전폭측정을 위한 차량 머리부분을 찾는 용도로 사용한다. 그리고 차종 분류의 경우는 차량의 머리부분에서 전폭측정장 내부 수직방향의 차량 경계 후보를 찾고 경계후보 내측으로 차량 존재 테스트를 통해 실제의 차량 경계인지를 확인하고 최종 차량경계 위치를 판단한다. 판단된 화면상의 차량경계 위치로부터 도로 가장자리까지의 실제거리를 계산하여 전폭을 추정하고 이를 바탕으로 차종을 구분한다[7].

### III. 차량 존재 테스트

차량 존재 테스트에 있어서 영상의 밝기변화에 둔감하고 차량주변에 관측되는 그림자의 영향을 줄이기 위해서 신호의 유사도를 이용하여 차량 존재를 판단한다. 신호의 유사도를 측정하기 위하여 정규화된 상관도인 상관계수를 도입하여 입력영상과 기준영상간의 국부상관계수로써 판단한다. 그런데 단순하게 된 영상에 대하여 국부상관계수를 이용하게 되면 불게이트 바닥의 대략적인 형태가 차량의 편평한 부분과 유사한 경우가 많이 발생하여 차량 존재 판단에 종종 오류가 발생한다. 그렇지만, 그러한 경우라 하더라도 도로면과 차량면의 질감은 상이하게 다르다는 것을 알 수 있다. 따라서 질감신호를 추출하기 위하여 영상을 웨이브렛 변환하여 도로의 질감성분을 잘 나타내는 스케일의 상세신호에 대하여 국부상관계수를 구하였다. 차량 존재 테스트를 위해 사용된 특징을 기존방법에서 사용된 특징과 비교하기로 한다.

#### 1. 차영상에 대한 분산

기존 영상 검지기[2]에서 효과적으로 사용하고 있는 특징인 (1)식에 보인 것과 같은 차영상에 대한 분산을 입력영상과 기준영상간의 국부상관계수  $\rho_f(x, t)$ 의 관점에서 분석해 보게 되면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$P(x, t) = \text{Bin}[\rho_f(x, t)] \quad (3)$$

여기서,  $\text{Thr}_\rho = [\sigma_f^2(x, t) + \sigma_r^2(x, t) - \text{Thr}_\rho] / [\sigma_f(x, t)\sigma_r(x, t)]$  이며,  $\sigma_r^2(x, t) \leq \text{Thr}_\rho \leq 4\sigma_f^2(x, t)$  이다. 즉, 차영상에 대한 분산을 특징으로 한 경우는 입력영상과 기준영상간의 상관계수에 대해서 상황에 따라 적절하지 못한 문턱값을 적용하고 있음을 알 수 있다.

#### 2. 원 영상에 대한 국부 상관계수

입력차량영상  $f_i(x, t)$  또는 입력도로영상  $f_b(x, t)$ 가 차량신호  $v(x, t)$  혹은 도로신호  $b(x, t)$ 에 평균이 0, 분산이  $\sigma_n^2$ 인 가산성의 가우시안 백색잡음  $n(x, t)$ 이 더해진 형태의 영상신호로 관측된다고 하면, 입력영상과 기

준영상 사이의 국부상관계수는 아래의 식과 같이 각 영상신호를 적교 웨이브렛 변환하였을 때의 웨이브렛 변환된 차량신호들  $\{W_i^a v(x, t), S_s^a v(x, t) | 1 \leq i \leq S\}$  혹은 웨이브렛 변환된 도로신호들  $\{W_i^b b(x, t), S_s^b b(x, t) | 1 \leq i \leq S\}$ 과 기준도로신호  $\{W_i^d b'(x, t), S_s^d b'(x, t) | 1 \leq i \leq S\}$ 와의 국부상관계수의 가중 합으로 표현된다.

$$\begin{aligned} \rho_{f_i, r}(x, t) &= r_s^v q_s^v \rho_{S_s^v S_s^d b'}(x, t) + \sum_{i=1}^S q_{w_i^v}^v q_{w_i^v}^v \rho_{w_i^v v w_i^d b'}(x, t) \\ \rho_{f_b, r}(x, t) &= r_s^b q_s^b \rho_{S_s^b S_s^d b'}(x, t) + \sum_{i=1}^S q_{w_i^b}^b q_{w_i^b}^b \rho_{w_i^b b w_i^d b'}(x, t) \end{aligned} \quad (4)$$

여기서,  $0 \leq r_i^v \leq 1, 0 \leq q_i^v \leq 1$ 는 각각 아래 식과 같이 주어지는 C 채널신호의 채널점유도와 C 채널에서 잡음이 섞인 관측신호에 대한 D 신호의 신호점유도를 나타낸다.

$$r_i^v = \frac{\sigma_{C_i^v} \sigma_{C_i^r}}{\sigma_{I_i^v} \sigma_r}, \quad q_i^v = \frac{\sigma_{C_i^v} \sigma_{C_i^b}}{\sigma_{C_i^v} \sigma_{C_i^b}} \quad (5)$$

각 웨이브렛 변환된 신호들의 채널점유도를 살펴보면 대체로 개략신호의 경우 1에 가까운 값을 가지고, 상세신호들의 경우는 스케일이 작아질수록 0에 가까운 값을 가지는 것을 볼 수 있으며 신호점유도의 경우도 유사한 경향을 보임을 알 수 있다. 따라서 원영상에 대한 국부상관계수의 분포는 개략신호에 대한 국부상관계수의 분포의 영향을 많이 받을 수 있다. 실제로 원영상에 대한 국부상관계수를 구하면 차량의 편평한 부분에서 도로바닥과의 국부상관계수가 큰 값으로 관측되는 경우가 많이 발생한다. 결국 이는 차량 존재 테스트에 잘못된 판단을 유발한다.

#### 3. 웨이브렛 변환 상세신호에 대한 국부상관계수

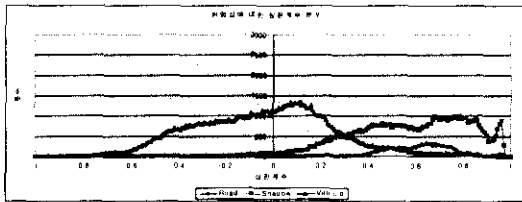
웨이브렛 변환 상세신호에 대해 입력영상과 기준영상의 국부상관계수를 구해보면 아래의 식과 같이 신호점유도를 차량 또는 도로신호와 기준도로신호간의 국부상관계수의 가중치로 갖는 결과를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \rho_{w_i^d f_i w_i^r}(x, t) &= q_{w_i^d}^v \rho_{w_i^d v w_i^r b'}(x, t) \\ \rho_{w_i^d f_b w_i^r}(x, t) &= q_{w_i^d}^b \rho_{w_i^d b w_i^r b'}(x, t) \end{aligned} \quad (6)$$

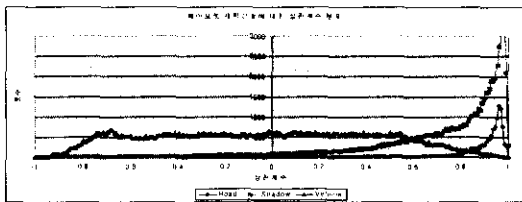
여기서,  $j$ 는 도로바닥의 질감이 잘 나타내는 스케일을 가리킨다. 이 결과를 보면 도로바닥의 질감을 나타내는 신호에서의 국부상관계수 분포가 잡음의 영향을 받는 것으로 나타나고 있는데 실제로 낮은 신호점유도를 갖는 낮은 스케일에서 입력도로영상과 기준영상사이의 국부상관계수 분포의 평균이 작은 값을 보이는 것을 볼 수 있다. 그렇지만 적절한 스케일을 선택하면 질감을 나타내는 신호의 성분이 크므로 신호점유도가 작지 않고 차량의 편평한 부분에서도 질감이 차량과 도로가 매우 다르게 나타나므로 차량 존재 판단이 잘 된다.

IV. 실험 및 고찰

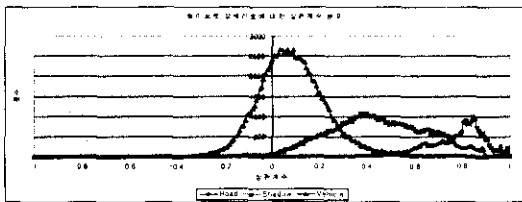
톨게이트 진입차량에 대해 획득한 영상에 대하여 차량 존재 테스트에 사용하는 특징인 국부상관계수들의 분포를 원영상의 경우, 웨이브렛 변환 개략신호의 경우, 그리고 웨이브렛 변환 상세신호의 경우에 대해 아래의 그림과 같이 차량영역과 도로영역에 대한 분포를 비교하였다. 특히 도로영역에 관해서는 그림자가 덮인 도로와 그림자가 없는 도로의 경우로 나누어 분포를 비교하여 보이고 있다.



(a) 원영상에 대한 국부상관계수



(b) 개략신호에 대한 국부상관계수



(c) 상세신호에 대한 국부상관계수

그림 4. 국부상관계수의 분포

앞서 언급한 바와 같이 원영상에 대한 국부상관계수의 경우 차량영역에서의 국부상관계수 값의 편차가 큰 것을 볼 수 있다. 이에 비해 상세신호의 경우는 차량영역에서의 국부상관계수의 편차가 작아짐을 알 수 있다. 또한 이로 인해 차량과 도로의 구분을 용이해짐을 알 수 있다.

차량 존재 테스트에 사용하는 특징에 따른 검지성을 비교하기 위하여 톨게이트에서 획득한 진입차량 영상에 대하여 각 특징에 의한 차량 존재 테스트의 성능을 ROC(receiver operating characteristic)로 비교하였다. 낮은 오경보율에서 상세신호에 대한 국부상관계수를 이용하는 것이 원영상에 대한 국부상관계수를 구하는 것보다 좋은 성능을 보이는 것을 볼 수 있으며 이러한 국부

상관계수를 이용하는 것이 차영상에 대한 분산을 조사하는 방법에 비해 월등히 우수함을 알 수 있다.

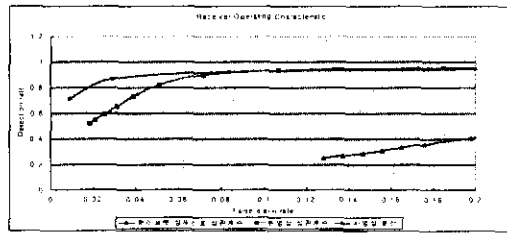


그림 5. 특징별 차량 존재 테스트 성능비교

제안된 알고리즘의 차량검지 및 차종분류 성능 분석을 위하여 두 개의 TMS320C30 DSP 로 구현하고 대구 화원 톨게이트에 설치하여 97년 5월부터 97년 10월까지 9번에 걸쳐서 테스트를 하였다. 초기 6번에 걸친 실험에서 알고리즘이 안정화 되었으며 마지막 3번의 실험에서 알고리즘의 성능이 검증되었다. 맑은 날씨에 따른 그림자의 영향이 있었음에도 불구하고 매번 톨게이트를 통과하는 200 대 이상의 차량에 대해 실시된 현장시험 결과는 14 frames/sec 의 처리 속도로써 차량 계수에 있어서 99.5 ~ 100%의 정확도를 차종분류에 있어서는 96.3 ~ 97.9%의 결과를 보이고 있다.

참고문헌

- [1] R. M. Inigo, "Traffic monitoring and control using machine vision: survey," *IEEE Trans. Vehicular Tech.*, vol. IE-232, no. 3, pp.177-184, Aug. 1985.
- [2] P. G. Michalopoulos, "Vehicle detection video through image processing: The Autoscope system," *IEEE Trans. Vehicular Tech.*, vol. 40, no. 1, pp. 21-29, 1991.
- [3] David Beymer, Philip McLauchlan, Benn Coifman, and Jitendra Malik, "A real-time computer vision system for measuring traffic parameters," in *Proc. IEEE CVPR '97*, pp. 495-501, June 1997.
- [4] Markus Ebbecke, Majdi Ben Hadj Ali, Andreas Dengel, "Real time object detection, tracking and classification in monocular image sequences of road traffic scenes," in *Proc. ICIP '97*, vol.2, pp. 402-405, Dec. 1997.
- [5] Toru Ikeda, Shin'ichi Ohnaka, Masanori Mizoguchi, "Traffic measurement with a roadside vision system - individual tracking of overlapped vehicles," in *Proc. IEEE ICPR '96*, vol. 3, Track C, pp. 859-864, Aug. 1996.
- [6] S. Mallat and S. Zhong, "Characterization of signals from multiscale edges," *IEEE Trans. Patt. Anal. Machine Intell.*, vol. 14, no. 7, pp. 221-243, July 1992.
- [7] N. C. Kim, Development of a Video Vehicle Detection System for Electronic Toll Collection, Final Research Report, Samsung Electronics Co. Ltd., Nov. 1997.