

## 교통 감시를 위한 자동차 검출

김 종배\*, 이 창우, 박 민호\*\*, 김 항준  
경북대학교 컴퓨터공학과 인공지능연구실, \*\*전자계산소

### Vehicle detection for Traffic Surveillance

Jong Bae Kim\*, Chang Woo Lee, Min Ho Park\*\*, Hang Joog Kim  
Dept.of Computer Engineering, Kyungpook National University, \*\*Computer Center  
kjbllove@ailab.knu.ac.kr

#### 요약

본 논문에서는 교통 감시 시스템의 필수 단계 중에 하나인 실시간 자동차 검출 방법을 제안한다. 제안한 방법은 후보 영역 추출 단계와 자동차 인식 단계로 이루어진다. 첫 번째 단계에서는 연속된 두 프레임간의 차영상 분석 방법을 기반으로 하여 움직임이 있는 후보 영역을 추출한다. 두 번째 단계에서는 추출된 후보 영역에 자동차가 포함되어 있는지를 판별하기 위해 웨이블릿 변환 계수들을 입력으로 하는 신경망을 사용한다. 일반 도로에서 획득한 230대의 자동차가 포함된 동영상을 실험한 결과, 자동차 검출율은 97.8%, 프레임당 처리 시간은 0.12ms이다. 본 논문에서 제안한 실시간 자동차 검출 방법은 교통 감시 시스템에 유용하게 적용될 수 있다.

#### I. 서론

최근에는 도로 영상에서 도로 상황 파악, 교통량 분석, 교통 관제 등의 작업을 실시간으로 수행할 수 있는 자동화 시스템에 대한 요구가 급격히 증가되고 있다. 특히, 교통 감시 위한 도로 영상에서 움직이는 자동차 검출은 정확한 교통량 조사 및 관심 차량 추적에 이용될 수 있고, 또한 범죄 예방 및 무인 주차장 시스템 구축과 같은 분야에 실용적으로 활용될 수 있다.

기존의 움직임 추정 기법에는 장면 차이(Frame Differencing)[1], 히스토그램의 밝기 값 변화[2], 색상 변화[3]등을 이용한 방법들이 있다. 이와 같이 차영상 분석이나 특징 벡터를 기반한 방법은 수행 속도가 빠르다는 이점이 있지만, 정확히 자동차를 검출하지 못한다. 또한 영상을 이용한 교통 감시 시스템에는 자동차의 모양과 도로 환경에 대한 3차원 모델링을 이용한 방법도 있다.[4] 이 방법은 차량의 모양과 진행 방향, 이동 경로 등의 정보를 추출할 수 있지만, 수행 속도가 느리다는 단점이 있다.

본 논문에서 움직임이 있는 영역 탐지를 위해 차영상 분석 방법을 기반으로 연속된 두 프레임의 움직임이 있는 후보 영역을 추출한다. 차영상 분석을 통한 후보 영역 추출은 입력 영상이 연속적이고, 전 시점에 획득한 영역의 모양이나 위치가 급격히 변하지 않는다는 특징을 이용한 것이다. 그리고, 추출된 후보 영역에 자동차가 포함되어 있는지를 판별하기 위해 신경망을 사용한다. 신경망의 입력은 추출된 후보 영역의 그레이 레벨의 Wavelet 변환 계수들을 사용한다.

제안한 방법은 일반 도로에서 여러 시간대에 연속적으로 움직이는 자동차 영상으로 실험하였다. 그림 1은 제안한 자동차 검출 방법을 나타낸 흐름도이다.

본 논문의 구성은 II장에서는 도로 영상에서 움직임이 있는 후보 영역을 검출하는 방법을 설

명하고, III장에서는 신경망 이용한 움직임이 있는 후보 영역의 인식에 관하여 설명하고, 실험 결과는 IV장에서 보이고, 마지막 V장에서 결론을 맺는다.

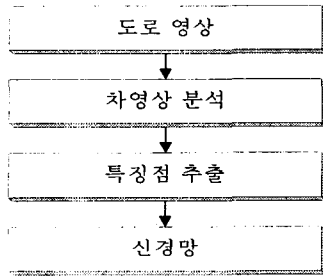


그림 1. 자동차 검출 흐름도

## II. 후보 영역 검출

본 논문에서는 움직임이 있는 후보 영역 추출 위해 연속된 두 프레임간의 차영상 분석에 의한 방법을 기반으로 하고 있다. 이 방법은 다른 추정 기법보다 간단하며, 특히 도로 영상과 같이 자동차의 움직임에 의해 프레임과 프레임 사이에서 연속적인 변화가 발생하는 경우에 효율적으로 적용되어 질 수 있다.[5] 따라서 본 장에서는 연속된 두 프레임간의 밝기 차이를 이용하여 움직임이 있는 후보 영역을 검출하고, 추출된 후보 영역에 후처리 과정을 통해 배경의 움직임이나 밝기의 변화에 의해 발생한 잡음과 그림자를 제거한다.

인접한 두 프레임간의 밝기 차이에 의한 추출 방법은 식 (1)과 같다.  $M_t$ 는  $t$ 시간에 입력되는 연속된 이미지이고,  $S_t$ 는 차영상이다.

$$S(M_t, M_{t-1}) = \begin{cases} 1 & \text{if } |M_t - M_{t-1}| > r \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

식 (1)에서  $r$ 은 임계값이며, 제안한 방법에서 임계값은 실험을 통하여 구하였다.

차영상 분석에 의한 얻어진 이진화된 영상을 하나의 동일한 영역으로 할당하기 위해 인접한 픽셀의 연결성 성분을 조사하여, 연결되어 있는 픽셀만 남기고 나머지는 제거한다. 이로써 차영상에 의한 잡음 영역을 제거할 수 있다. 그림 2는 차영상 분석에 의한 움직임 있는 후보 영역 추출 결과이다.



(가)  $t-1$  프레임 (나)  $t$  프레임 (다) 차영상 분석

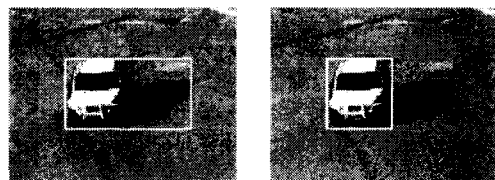
그림 2. 차영상 분석에 의한 후보 영역 추출

차영상 분석에 의해 얻어진 사각형 후보 영역은 조도에 의해 발생한 그림자 영역이나 프레임간의 간격에 의해 배경 영역도 같이 얻어질 수 있다. 따라서 후처리 과정을 거쳐 정확한 움직임이 있는 후보 영역만을 검출한다.

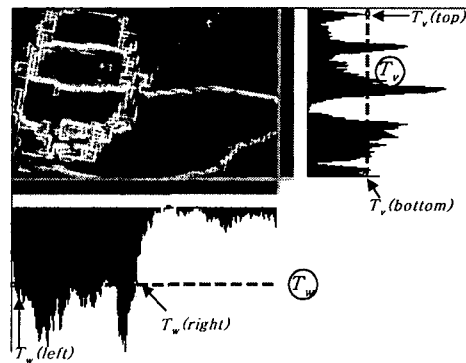
후처리 과정은 추출된  $m \times n$  픽셀 크기의 후보 영역에 수평 에지맵  $H(x, y)$ 과 수직 에지맵  $V(x, y)$ 을 구하고, 이 에지맵에서 투영 벡터인  $v, w$ 를 얻는다. 그림 3은 정확한 후보 영역을 검출하는 후처리 과정을 나타낸다. 수평, 수직 투영 벡터를 구하는 식 (2)와 같다.

$$v = (v_1, \dots, v_m) = \left( \sum_{i=1}^m H(x_i, y_1), \dots, H(x_i, y_n) \right) \quad (2)$$

$$w = (w_1, \dots, w_n) = \left( \sum_{j=1}^n V(x_1, y_j), \dots, V(x_m, y_j) \right)$$



(가) 원 영상 (나) 후처리 영상



(다) 수평, 수직 투영 벡터와 profile

그림 3. 후처리

투영 벡터  $v_m$ 와  $w_n$ 에서 최대값을 찾고, 찾아진 값을 2로 나누어  $T_v$ 와  $T_w$ 를 구한다. 구하는 식은 (3)과 같다.

$$T_v = \frac{\text{MAX}(v_i | 1 \leq i \leq m)}{2}, \quad T_w = \frac{\text{MAX}(w_j | 1 \leq j \leq n)}{2} \quad (3)$$

수평으로 투영한 벡터  $v_m$ 에서 위쪽과 아래쪽 부터  $T_v$ 값을 초과하는 값,  $T_v(\text{top})$ 와  $T_v(\text{bottom})$ 를 찾는다. 또한 수직으로 투영한 벡터  $w_n$ 에서도 마찬가지로 왼쪽과 오른쪽에서  $T_w$ 을 초과하는 값,  $T_w(\text{left})$ 와  $T_w(\text{right})$ 을 찾는다. 찾아진 값들은 후보 영역의 크기를 조정하는데 사용된다.

### III. 신경망을 이용한 자동차 판별

검출된 자동차 후보 영역에 자동차가 포함되어 있는지를 판별하기 위해 신경망을 사용한다. 신경망의 입력으로는 Wavelet 변환을 통한 저주파, 수평, 수직, 대각 영역의 계수들을 사용한다.

Wavelet 변환 방법은 공간 영역과 주파수 영역에서 그 지역적 특징을 잘 나타낸다는 특성으로 인해 영상에서 정보를 얻고자 할 때 많이 사용되고 있다.[6,7] 이러한 특성을 이용하여 그레이 자동차 영상에서 multi-level Wavelet 변환을 통한 계수들을 신경망의 입력으로 사용함으로써, 입력 패턴의 차원을 감소시키고, 동시에 신뢰성 있는 자동차 검출이 가능하다.

신경망에 학습한 영상은 64x64, 32x32 픽셀 크기의 자동차의 정면 그레이 영상이며, 자동차가 포함된 영상 230개, 그렇지 못한 영상 400개를 사용하였다. 그림 4는 신경망의 학습에 사용된 자동차 영상이다.

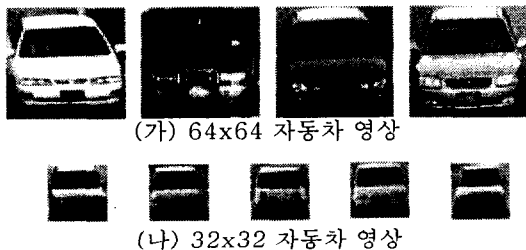


그림 4. 신경망 학습에 사용된 자동차 영상

그림 5는 64x64, 32x32 픽셀 크기의 자동차 영

상에 multi-level Wavelet 변환을 적용한 그림이다. Wavelet 변환을 통한 각 서브 밴드 부분에는 자동차의 특징적인 에지 정보를 나타내기에 충분함을 알 수 있다. 신경망의 입력은 그림 5 (가), (나)와 같이 32x32 크기의 그레이 값이다.

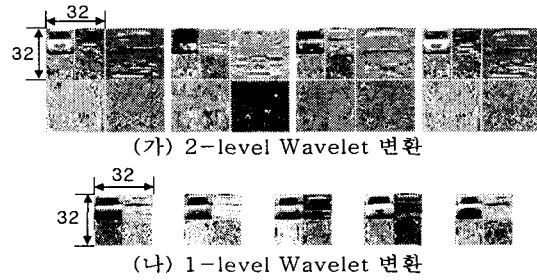


그림 5. Multi-level Wavelet 변환

영상에서 자동차의 크기는 영상 획득 장치와 자동차 사이의 거리에 의해 다르게 나타난다. 따라서 추출된 후보 영역들을 신경망에 입력하기 위해 정보 손실을 최소화하며, 정규화를 적용해야 한다. 그러므로 후보 영역을 크기 비율에 따라 32x32, 64x64 픽셀 크기로 정규화한다.

32x32 픽셀 크기로 정규화한 영상은 1-level Wavelet 변환하고, 64x64 픽셀 크기로 정규화한 영상은 2-level Wavelet 변환을 통해 각 서브 밴드의 계수들을 신경망에 입력하여 추출된 후보 영역에 자동차가 포함된 영상인지를 판별한다.

그림 6은 자동차 판별을 위해 Wavelet 변환 계수들을 입력으로 하는 신경망의 구조이고, 표 1은 신경망의 노드 수를 나타낸다.

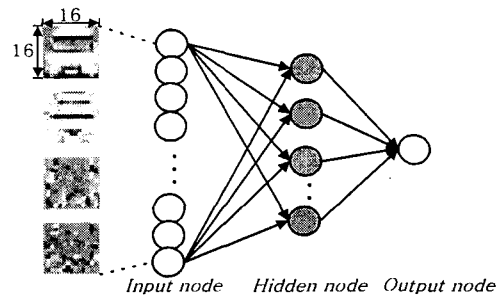


그림 6. 신경망 구조도

표 1. 신경망의 노드수

입력 노드수	Hidden 노드수	출력 노드수
1024	350	1

#### IV. 실험 결과

제안한 방법을 실험하기 위해 도로에서 획득한 230대의 자동차가 포함된 동영상으로 실험하였다. 영상 입력을 위해 Sony사의 DCR-PC3 디지털 카메라를 사용하였고, 펜티엄II IBM호환 PC에서 윈도우 환경의 VC++ 언어로 구현하였다. 입력 영상은 초당 8 frame이고, 320x240 픽셀 크기의 칼라 영상이다. 영상내에 자동차의 크기는 약 23x19에서 72x67 픽셀 크기이다. 그림 7은 제안한 방법을 적용한 실험 결과이다. 그림 (바)의 검은 색 사각형이 검출된 자동차 영역이다.

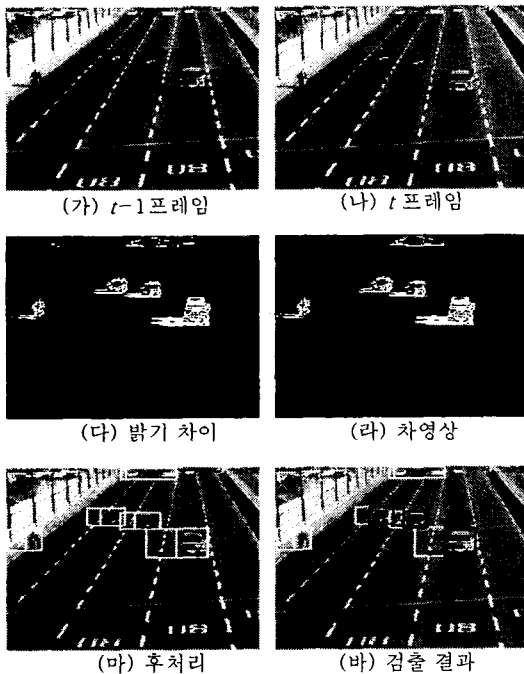


그림 7. 자동차 영역 검출

실험을 통해 영상 내에서 움직이는 물체가 사람이나 혹은 이런 자동차가 포함되어 있을 때 움직임 후보 영역 검출 단계에서 이 영역들도 같이 검출되었으나, 신경망 입력 통한 후보 영역 인식 단계에서는 자동차가 포함된 영역만을 검출하였다. 표 2는 제안한 방법을 적용한 실험 결과이다.

표 2. 실험 결과

성공	실패	오인식	처리시간(ms)	인식률(%)
225	4	1	0.12/frame	97.8

#### V. 결론

본 논문은 교통 감시를 위한 실시간 자동차 검출 방법은 제안하였다. 연속적으로 입력되는 영상에서 움직임이 있는 영역 검출을 위해 차영상 분석 방법을 사용하고, 검출된 후보 영상에 자동차가 포함되어 있는지 판별하기 위해 Wavelet 변환 계수들을 입력으로 하는 신경망을 이용하였다. 일반 도로상에서 여러 시간대에 연속적으로 움직이는 자동차 영상으로 실험해 본 결과, 자동차 검출율은 97.8%이고, 프레임당 처리 시간 0.12ms 미만의 결과를 얻었다. 본 논문에서 제안한 방법은 잡음에 의해 저하된 영상에 상대적으로 좋은 성능을 보였고, 실시간 처리를 가능하게 함으로써 교통 감시 시스템에 유용하게 적용될 수 있다. 향후 연구로는 전체적인 교통 감시 시스템을 구현에 관해 연구하고자 한다.

#### 참고 문헌

- [1] M.Kilger "A Shadow Handler in a Video-based Real-time Traffic Monitoring System", *IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, Proceedings*, pp. 11-18, 1992.
- [2] J.B.Kim, K.K.Kim, H.J.Kim, "Learning-Based Approach For License Plate Recognition" *Proceeding of The 1th KISPS Summer Conference*, vol. 1, no. 1, pp.273-276, 2000.
- [3] K.I.Kim., K.K.Kim., S.H.Park., K. Jung., H.J. Kim., "VEGA VISION:A Vision System For Recognizing Vehicle License Plates", *ISCE*, vol. 2, pp. 176-181, 1999.
- [4] D.Koller, K.Daniilidis, T. Thorhallson, and H. Nagel, "Model-based object tracking in traffic scenes," *In European conf. Computer Vision*, pp. 437-452, Italy, May 1992.
- [5] Badenas, J.; Pla, F. "Segmentation based on region-tracking in image sequences for traffic monitoring", *Pattern Recognition, Proceedings. Fourteenth International Conference*, vol 2, pp. 999-1001, 1998
- [6] T.S.Yun, "Support Vector Machine-based Solder Joint Inspection", Ph.D. thesis, KyungPook National University, 2000
- [7] Y.J.Jeon, J.I.Kim, "A Study on the Feature Extraction using the Wavelet Transform in Satellite Remote Sensing Image", *Proceeding of The 1th KISPS Summer Conference*, vol. 1, no. 1 pp. 237~240, 2000.