

영상분할 및 Haar-like 특징 기반 자동차 검출

최미순[†], 이정환^{**}, 석정희^{***}, 노태문^{****}, 심재창^{*****}

요 약

본 논문에서는 도로에서 주행 중인 차량검출 알고리즘에 대하여 연구한다. 카메라에서 입력된 영상으로부터 차량을 검출하기 위해 먼저 분할 및 합병(split & merge)방법을 적용하여 영상을 분할하고 그 다음 분할된 영역을 해석하여 차량이 위치할 가능성이 높은 영역을 집중적으로 탐색하여 차량을 실시간으로 검출하는 알고리즘을 연구한다. 전방차량의 후면을 검출하기 위하여 수직/수평 성분을 특징으로 하였으며 적분영상을 이용하여 계산시간을 줄일 수 있는 Haar-like 방법을 적용하였으며 분류기로는 SVM을 사용하였다. 제안된 방법의 성능을 평가하기 위해 350개의 영상을 사용하여 분류기를 학습하였으며, 또한 학습에 사용하지 않은 비학습영상 150개를 사용하여 인식률을 구하였다. 실험결과 비학습영상에 대해 95.00%의 인식률을 얻었다.

Vehicle Detection based on the Haar-like feature and Image Segmentation

Mi Soon Choi[†], Jeong Hwan Lee^{**}, Jung-Hee Suk^{***},
Tae Moon Roh^{****}, Jaechang Shim^{*****}

ABSTRACT

In this paper, we study about the vehicle detection algorithm which is in the process of travelling from the road. An input image is segmented by means of split and merge algorithm. And two largest segmented regions are removed for reducing search region and speed up processing time. In order to detect the back side of the front vehicle considers a vertical/horizontal component, uses an integral image with to apply Haar-like methods which are the possibility of shortening a calculation time, classified with SVM. The simulation result of the method which is proposed appeared highly.

Key words: Vehicle detection(차량 검출), split & merge(분할 및 병합), Haar-like feature(Haar-like 특징), SVM

1. 서 론

최근 첨단 차량제어 및 추돌방지시스템에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 차량 전방에 다른 차량이나 보행자 혹은 동물 등 주행에 방해줄 수 있는 물체의 존재 유무 및 위치를 알 수 있으면 교통사고

방지 등에 많은 장점이 예상된다. 국내외의 자동차업체들은 차량 주행 시 운전자와 승객의 안전 및 편의를 증진시키기 위한 다양한 차량 지능화 연구를 수행하고 있다. 특히 주행 중 운전자의 과실로 인해 발생할 수 있는 교통사고를 미연에 방지하기 위한 각종 센서 및 장비개발과 이를 활용하기 위한 알고리즘에

* 교신저자(Corresponding Author): 심재창, 주소: 경북 안동시 송천동 388번지(760-380), 전화: 054)820-5645, FAX: 054)820-6164, E-mail: jcshim@andong.ac.kr
접수일: 2010년 1월 22일, 수정일: 2010년 3월 26일
완료일: 2010년 6월 4일

[†] 준회원, 안동대학교 컴퓨터공학과 박사과정
(E-mail: mschoi@andong.ac.kr)

^{**} 준회원, 안동대학교 전자공학과 교수
(E-mail: jhlee@andong.ac.kr)

^{***} 정회원, 한국전자통신연구원 선임연구원
(E-mail: jhsuk@etri.re.kr)

^{****} 정회원, 한국전자통신연구원 책임연구원
(E-mail: tmroh@etri.re.kr)

^{*****} 종신회원, 안동대학교 컴퓨터공학과 교수

대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 논문은 도로를 주행 중에 전방에 있는 차량을 검출하는 알고리즘을 연구한다. 일반적으로 도로를 주행하는 운전자는 안전 주행을 위해 전방차량, 후방 차량 및 옆 차선에서 다가오는 차량을 주시해야 한다. 따라서 이러한 운전자의 수고를 경감시키기 위한 연구가 수행되고 있으며 연구 분야를 그림 1과 같이 나타낼 수 있다[1,2].

차량검출 방법은 일반적으로 차량이 존재할 가능성이 높은 영역을 먼저 찾는 가설형성단계인 HG (Hypothesis Generation)단계와 이들 영역 중에서 차량을 검출하기 위한 가설검증단계인 HV(Hypothesis Verification)단계를 거친다[3]. HG과정을 위해 적용하는 방법은 지식기반, 스테레오(Stereo)기반, 모션(Motion) 기반 등이 있으며, HV과정은 템플릿(Template)기반방법과 외관(Appearance)기반방법 등이 있다. HG과정에서 사용되는 특징은 칼라, 텍스춰(Texture), 수평 및 수직경계, 깊이정보, 역 투영 매핑(mapping), 움직임정보 등이 있다[2,4-5]. 본 연구에서는 HG단계에서 지식기반 방법의 하나인 에지검출기법을 사용하였으며 차량과 배경사이에서는 색상이나 조명등이 큰 변화를 가지기 때문에 에지정보가 두드러지게 나타난다. 이러한 에지성분을 특징으로 사용하는 Haar-like는 계산시간과 수행속도를 줄일 수 있는 장점도 있다. 이러한 특징을 학습하여 SVM (Support Vector Machines) 분류기를 통해 차량과 차량을 제외한 비차량으로 구분하였다. 특히 차량검출 시간을 감소시키기 위해 입력영상을 분할 및 합병 방법을 적용하여 먼저 영상을 분할하고, 분할된 영역 중에서 차량이 존재하지 않을 영역을 제외하고 나머지 영역만 스캔하면서 차량을 검출하는 방법을 연구한다.

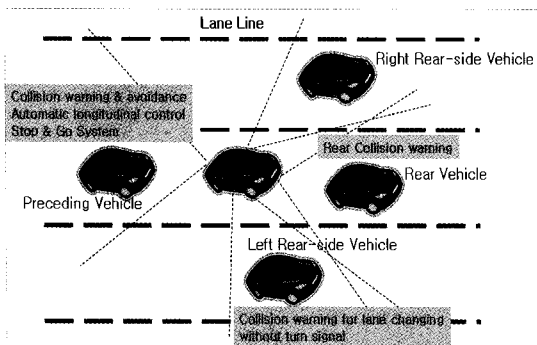


그림 1. 지능형 차량을 위한 주변 차량 탐지

2. 자동차영역 검출을 위한 영상분할

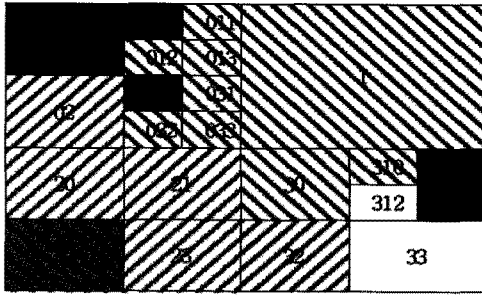
자동차영역 검출을 위한 영상분할과정은 다음과 같다. 먼저 입력된 영상에서 자동차가 존재할 영역을 미리 찾고, 이 영역을 집중적으로 탐색하면 검출시간을 보다 빠르게 할 수 있다. 이를 위해 본 논문에서는 자동차영역 검출을 위한 전처리과정으로 분할 및 합병 방법을 적용하여 입력영상을 분할한다. 일반적으로 분할 및 합병을 이용한 영상분할은 하나의 블록을 4개의 인접영역으로 나누고, 평균, 분산, 모멘트, 칼라, 텍스춰 등의 척도를 계산하여 균일하지 않으면 계속하여 다시 4개 블록으로 분할하고, 마지막 단계까지 분할한 후 역으로 분할된 이웃블록에 대하여 다시 척도를 적용하여 특성이 오차범위 내에 든 블록은 동일한 영역으로 판단하여 병합하는 것이다[3]. 또한 분할 및 합병 알고리즘은 최소영역의 단위를 2×2까지 계층적으로 나누고 이를 병합하기 때문에 하드웨어로 구현하기 쉬운 장점이 있어 본 논문에서는 향후 SoC칩 구현을 고려하여 이 방법을 사용하였다.

본 논문에서는 각 블록을 분할 및 합병하기 위한 척도로는 평균 및 분산을 사용하였다. 도로영상의 경우 뒤에서 달리는 차량이 앞 차량을 추적하는 경우와 전방에서 달려오는 차량이 대부분이기 때문에 입력영상의 중앙부분은 아스팔트위의 차량, 중앙선 등이 있으며, 좌우에는 나무, 숲, 가드레일 등이 있고 위쪽에는 하늘이 있을 수 있다. 따라서 입력된 영상을 해석할 수 있으면 차량이 존재하지 않을 영역을 먼저 제외하고 차량이 존재할 영역을 집중적으로 탐색하므로 고속알고리즘을 구현할 수 있다. 분할 및 합병 방법의 구조도는 그림 2와 같다. 그림 2(a)에서 숫자는 분할하는 순서대로 부여한 블록의 인덱스를 나타내는데, 예를 들면 312는 계층적으로 맨 위 층에서는 3번째 블록, 다음 층에서는 1번째 블록, 마지막 층에서는 2번째 블록을 나타내고 있다. 그림 2(b)는 그림 2(a)의 경우를 나무구조로 표시한 것으로 분할 및 합병시 이웃블록을 쉽게 찾도록 하기 위한 자료구조이다.

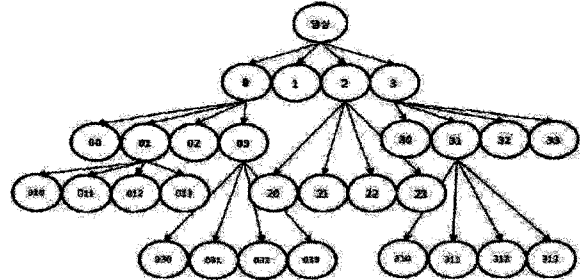
3. Haar-like 특징 기반 자동차영역 검출

3.1 Haar-like 특징추출

본 연구에서는 일반적인 도로에서 주행하는 경우 전방의 차량을 검출하기 위해 차량의 후면영역을 잘



(a) 분할 및 병합의 예



(b) 예제에 대한 나무구조

그림 2. 영상분할 및 합병의 예

검출 할 수 있는 특징을 추출할 필요가 있다. 차량검출을 위한 특징으로 가버(Gabor)필터, Haar-like, HoG(Histogram of Oriented Gradient), 웨이블렛(Wavelet)변환, 칼라, 텍스처, 스테레오 등이 사용될 수 있으나 응용에 따라 특징선택이 결정된다[2, 7-8]. 본 논문에서는 Viola와 Jones가 제안한 Haar-like 특징을 이용하였다[9].

차량후면의 에지성분을 찾아내는 Haar-like특징은 사각형의 마스크에서 적분영상을 이용하여 찾아낸다. 그림 3에 특징마스크 5개를 나타내었다. 특징값은 입력영상에서 윈도우를 이동시키며 구한다. 윈도우가로 및 세로 크기가 $W \times H$ 픽셀일 때 윈도우 내의 직사각형마스크를 $r = (x, y, w, h)$ 으로 표현하자. 여기서 x, y 는 마스크 r 의 왼쪽 가장 상단의 점의 좌표를 나타내며 w 와 h 는 마스크의 너비와 높이를 나타낸다. 마스크는 다음 조건을 만족한다.

$$\begin{aligned} 0 \leq x, x + w \leq W, \\ 0 \leq y, y + h \leq H, \\ w \geq 0, h \geq 0 \end{aligned} \quad (식1)$$

특징의 개수는 크기와 위치가 다양하게 변경되어 구성되는데 식2로 계산할 수 있다. 여기서 $X = [W/w]$ 이고 $Y = [H/h]$ 이다. X 와 Y 는 각각 x 와 y 가 최대로 커질 수 있는 범위를 나타낸다. 본 논문에서는 마스크의 크기를 모두 사용하지 않고 그림 3의 (a)(b)(c)

는 $2 \times 2, 4 \times 4, 8 \times 8, 16 \times 16$ 으로 하고 (c)(d)는 $3 \times 3, 9 \times 9, 15 \times 15, 21 \times 21, 27 \times 27$ 로 하였으며 윈도우 크기가 32×32 인 경우 특징의 수는 모두 12,108개가 추출된다.

$$XY \cdot (W+1 - \frac{X+1}{2}) \cdot (H+1 - \frac{Y+1}{2}) \quad (식2)$$

Haar-like 특징은 사각형 형태이므로 적분이미지를 이용하여 빠른 속도로 계산할 수 있다. 점 (x, y) 에서의 적분이미지 값은 왼쪽 위 끝점에서부터 점 (x, y) 까지 픽셀 값들의 합이다. 적분이미지는 식3으로 표현할 수 있다. 식3은 식4를 반복적으로 사용하여 얻는다. 적분이미지는 처음 영상이 들어왔을 때 픽셀 값을 합한 한 번의 계산으로 SAT(Summed Area Table)를 생성한다. 이렇게 구해진 적분 이미지를 이용하면 실제 원하는 위치의 픽셀 값들의 합을 구할 때 빠른 계산이 가능하다. 그림 4의 D영역의 픽셀 값의 합을 구하는 과정은 다음과 같다. 점 1에서의 적분 이미지 값을 A영역의 각 픽셀 값을 모두 합한 값이라 할 수 있다. 점2에서의 적분 값은 A영역과 B영역 픽셀 값의 합이다. 점3에서의 적분 이미지 값은 A영역과 C영역의 픽셀 값의 합이고 점4에서의 적분 이미지 값은 A, B, C, D영역 모두의 픽셀 값의 합이다. 즉, D영역의 픽셀 값의 합은 $D+A-B-C$ 를 계산하여 얻을 수 있다.

$$ii(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} i(x', y')$$

여기서, $ii(x, y)$: 적분이미지
 $i(x, y)$: 원본이미지

(식3)

$$\begin{aligned} s(x, y) &= s(x, y-1) + i(x, y) \\ ii(x, y) &= ii(x-1, y) + s(x, y) \end{aligned}$$

여기서, $s(x, y)$: 열의누적합

$$s(x, -1), ii(-1, y) = 0 \quad (식4)$$



(a)Mask1 (b)Mask2 (c)Mask3 (d)Mask4 (e)Mask5

그림 3. Haar-like 특징 마스크

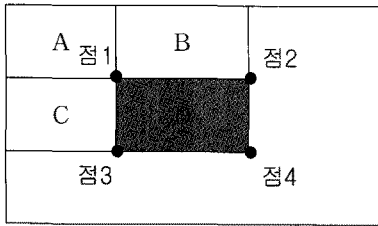


그림 4. D영역의 픽셀 값의 합

위의 방법을 통해 하나의 직사각형특징의 값은 4개의 적분 이미지 값의 덧셈과 뺄셈으로 얻을 수 있다. Haar-like 특징은 이웃한 직사각형으로 이루어져 있으므로 두 개의 직 사각형으로 이루어진 특징은 여섯 점의 적분 이미지 값을 이용하여 구할 수 있다. 또 세 개의 직사각형으로 이루어진 특징은 여덟 점, 네 개의 직사각형으로 이루어진 특징은 아홉 점의 적분 이미지 값을 이용하여 구할 수 있다.

본 논문에서는 학습을 위한 영상의 크기를 32*32로 하였으며 매 영상마다 12108개의 특징수가 구해진다. 차량영상150개와 비차량 영상 200개로 마스크 1의 특징 2716개, 마스크12의 특징 5432개, 마스크 123의 특징 7412개, 마스크1234의 특징 9392개, 마스크12345의 특징 12108개에 대해서 각각 학습을 하였다. 주행중 획득된 영상과 주차장에서 얻어진 원영상의 크기 128*128에 대해 32*32원도우로 4픽셀씩과 8픽셀씩 이동하면서 학습에서와 같은 방법으로 특징을 추출하였으며 학습에서 구해진 특징과 SVM을 이용해 성능을 평가하였다.

3.2 SVM을 이용한 차량과 비차량 분류

본 논문에서 이용한 분류알고리즘인 SVM은 1995년 V. Vapnik에 의해 개발되고 제안된 것으로, 이진 분류를 위하여 개발되었으며 현재에는 생물정보학, 문자인식, 필기인식, 물체인식 등 다양한 분야에서 성공적으로 적용되고 있다[10-11]. 이진분류 문제는 수집된 훈련데이터를 이용해서 두 클래스를 분류하는 대상함수를 추정해 내는 과정이라고 볼 수 있다. 그렇게 추정된 분류기는 훈련과정에서 이용되지 않은 새로운 데이터 표본에 대해서도 올바른 결과 값을 낼 수 있는 일반화 성능이 뛰어나야 한다. SVM은 그림 5에서 보는 것과 같이 특징공간에서 데이터를 나눌 수 있는 가능한 초평면(hyper plane)중에서 최적(optimal)의 초평면을 선택함으로써 과적합 문제

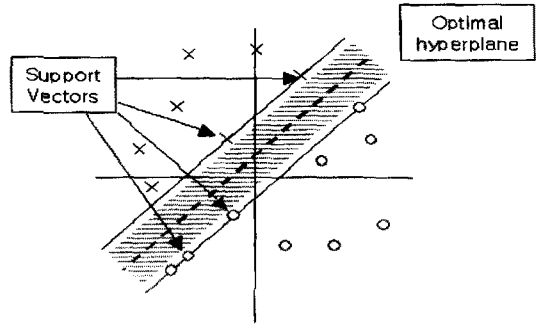


그림 5. 선형분리 가능한 초평면의 예

를 방지한다. SVM은 초평면으로부터 가장 가까운 훈련 포인트까지의 최소거리를 최대화시키는 초평면 즉, 최대 여백(maximum margin) 초평면을 찾게 된다. 결정평면은 학습 집합의 원소들의 가중화된 조합으로 이러한 학습 집합의 원소들을 SV(support vectors)라 부르고, 이것은 두 클래스 간의 경계면을 나타낸다. SV를 포함하는 초평면사이의 거리인 여백 값이 클수록 분류성능은 좋아진다. 이렇게 찾아낸 초평면을 기준으로 테스트를 시행하여 분류 결과를 얻게 된다. 즉 그림 5와 같이 이진분류의 경우 SVM은 식5와 같은 방정식으로 설명이 되어 진다. 본 논문에서는 마스크의 수에 따라 구해진 특징 수에 대해 각각 초평면을 구했으며 마스크1인 경우 특징 2716개에서 SV의 수는 277개, 마스크12인 경우 특징 5432개에서 SV 242, 마스크123은 7412개 특징에서 SV 241, 마스크1234는 특징 9392에서 SV 242, 마스크12345는 특징 12108에서 SV 245개이다.

$$F(x) = \begin{cases} -1 & \text{Class A} \\ +1 & \text{Class B} \end{cases} \quad (\text{식5})$$

본 논문에서는 학습영상으로 차량 150개와 비차량200개의 영상으로 학습을 하였으며, 학습에 사용한 영상과 학습에 사용하지 않은 영상으로 나누어 분류성능을 테스트하였으며, 학습에 사용한 영상과 사용하지 않은 영상 500개 모두에 대해서도 실험하였다.

4. 실험결과

본 논문에서 제시한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 자동차내부의 후사경에 카메라를 장착하여 전방에 달리고 있는 차량의 후면영상을 획득하고 주차

1318 멀티미디어학회 논문지 제13권 제9호(2010. 9)

된 차량의 후면영상을 획득하여 펜티엄 2.80GHz의 일반 사용자 컴퓨터환경에서 모의실험을 수행하였다. 실험영상은 차량250개와 비차량 250개로 모두 500개의 영상으로 구성되었다. 그림 6은 실험에 사용

라인성분 모두에 대한 특징을 사용한 경우에 높은 인식률을 얻었으며 표 1에 나타내었다. 그림 7부터 그림 9까지는 차량을 검출한 결과이다. (a)는 원영상 및 검출된 영역을 함께 표시한 것이고, (b)는 영상

1320 멀티미디어학회 논문지 제13권 제9호(2010. 9)

Surveillance,” IEEE Intelligent Conference on Automation and Logistics, 2008.

- [7] P. Viola and M. Jones, “Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features,” IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Vol. 1, pp. 511-518, 2001.
- [8] Xin Li, XiaoCao Yao, Yi L. Murphey, R. Karlsen, and G. Gerhart “A real-time vehicle detection and tracking system in outdoor traffic scenes,” Proc. of the 17th International conference on Pattern recognition(ICPR'04),

2004.

- [9] P. Viola and M. Jones, “Robust real-time object detection,” In Second International Workshop On statistical and computational Theories of Vision Vancouver, Canada, July 13, 2001.
- [10] C. J. C. Burges, “A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition,” Data mining and knowledge discovery, Vol. 2 No. 2, pp. 121-167, 1998.
- [11] V. Vapnik, “Statistical Learning Theory,” John Wiley & Sons, New York, 1998.

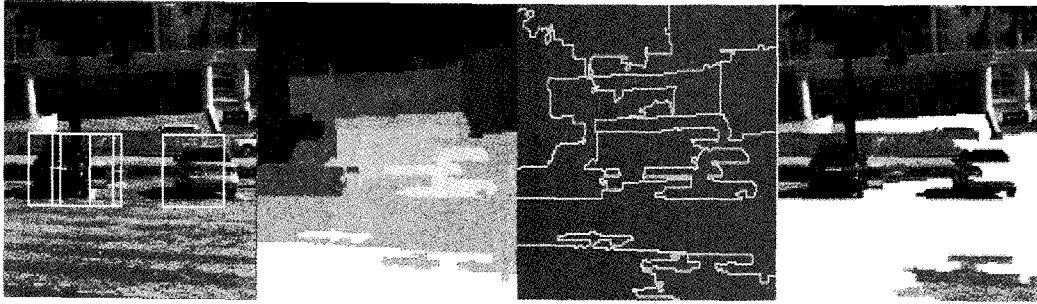


그림 7. 주차된 영상의 실험 결과

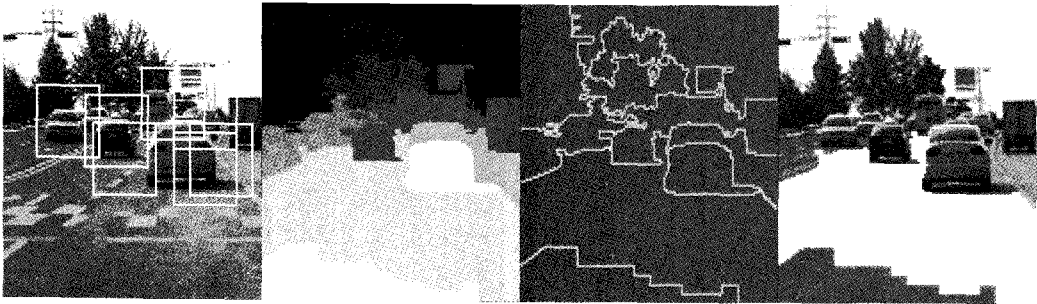


그림 8. 주행 중인 영상의 실험결과

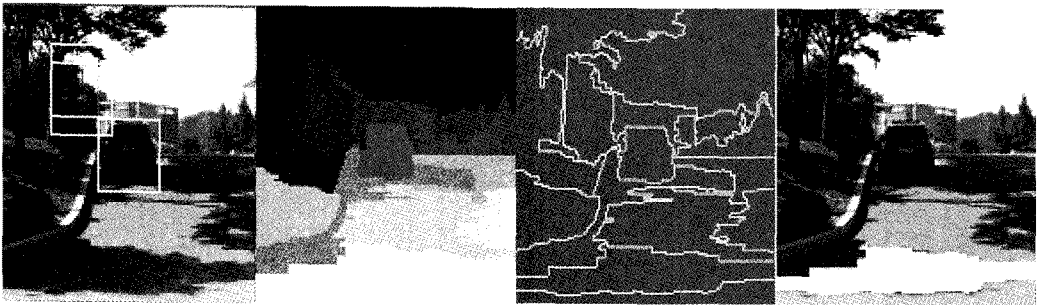


그림 9. 그림자가 많은 영상의 실험결과

참 고 문 헌

- [1] 성준용, 한민홍, 노광현. "안전주행을 위한 비전 기반의 차선변경보조시스템개발", 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제11권 5호, pp. 329-336, 2006.
- [2] D. Gavrilu and V. Phlomin, "Real-time object detection for "smart" vehicles," In CVPR, pp. 87-93, USA, 1999.
- [3] 이정환, 최미순, 서주원, 이영학, 노태문, 심재창. "영상분할 및 부스팅분류 기반 자동차 검출," 한국멀티미디어학회 추계 학술발표대회 논문집, 제12권 2호 pp. 164, 2009.
- [4] Z. Sun, G. Bebis, and R. Miller, "On-Road Vehicle Detection A Review," *IEEE Transactions on Pattern analysis and machine intelligence*, Vol. 28, pp. 694-711, 2006.
- [5] J. M. Collado, C. Hilario, A. de la Escalera, and J. M. Armingol "Model Based Vehicle Detection for Intelligent Vehicles," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*. pp. 572-577, June, 2004.
- [6] G. Wang and E. X. iao, "Review on Vehicle Detection Based on Video for Traffic

- Surveillance," IEEE Intelligent Conference on Automation and Logistics, 2008.
- [7] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Vol. 1, pp. 511-518, 2001.
- [8] Xin Li, XiaoCao Yao, Yi L. Murphey, R. Karlsen, and G. Gerhart "A real-time vehicle detection and tracking system in outdoor traffic scenes," Proc. of the 17th International conference on Pattern recognition(ICPR'04), 2004.
- [9] P. Viola and M. Jones, "Robust real-time object detection," In Second International Workshop On statistical and computational Theories of Vision Vancouver, Canada, July 13, 2001.
- [10] C. J. C. Burges, "A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition," Data mining and knowledge discovery, Vol. 2 No. 2, pp. 121-167, 1998.
- [11] V. Vapnik, "Statistical Learning Theory," John Wiley & Sons, New York, 1998.



최 미 순

1987년 3월~1991년 2월 안동대
학교 전산통계학과 학사
1996년 3월~1998년 2월 안동대
학교 컴퓨터공학과 석사
2002년 3월~2004년 2월 안동대학
교 대학원 박사수로
1991년 11월~1994년 12월 (주)포

스코 FA프로그램 개발

1998년~현재 안동대학교 시간강사

관심분야: 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터비전, 생체인식



노 태 문

1980년 3월~1984년 2월 경북대
학교 전자공학과 학사
1984년 3월~1986년 8월 경북대
학교 전자공학과 석사
1993년 3월~1998년 2월 경북대
학교 전자공학과 박사

1986년 9월~1988년 1월 삼성종합기술원 연구원

1988년 2월~현재 한국전자통신연구원 책임연구원

관심분야: SoC 설계, 멀티미디어 코덱, 영상신호 처리,
반도체 소자 및 공정



이 정 환

1979년 3월~1983년 2월 경북대
학교 전자공학과 학사
1984년 3월~1986년 8월 한국과
학기술원 전기및전자공학
과 석사
1986년 3월~1992년 8월 한국과
학기술원 전기및전자공학

과 박사

1990년 3월~현재 안동대학교 전자공학과

2008년 2월~2009년 2월 미국워싱턴주립대학 객원교수

관심분야: 영상신호 처리, 컴퓨터비전, SoC설계 등



심 재 창

1980년 3월~1987년 2월 경북대
학교 전자공학과 학사
1988년 3월~1990년 2월 경북대
학교 전자공학과 석사
1990년 3월~1993년 8월 경북대
학교 전자공학과 박사
1997년 2월~1999년 8월 미국

IBM 연구소, Visiting Professor

2005년 12월~2007년 2월 프린스턴대학교, Visiting
Fellow Professor

1994년 3월~현재 국립 안동대학교 컴퓨터공학과 교수
관심분야: 영상처리, 패턴인식, 비전시스템, 비전 SoC



석 정 희

1996년 3월~2001년 2월 경북대
학교 전자공학과 학사
2001년 3월~2003년 2월 경북대
학교 전자공학과 석사
2003년 3월~2007년 2월 경북대
학교 전자공학과 박사
2007년 3월~현재 한국전자통신

연구원 선임연구원

관심분야: 영상처리, 패턴인식, 멀티미디어 코덱, 임베
디드 시스템, 병렬처리 시스템