

지능형 감시 시스템을 위한 액티브 트래킹 및 객체 특성 분석 기술

최유주* | 양희석 | 황용현 | 조위덕

*한독미디어대학원대학교, 아주대학교

요 약

본고에서는 지능형 국방 감시시스템에 적용할 수 있는 핵심 기술인 PTZ(Pan-Tilt-Zoom) 네트워크 카메라를 이용한 액티브 객체 추적 및 객체 특성 분석 기법을 소개한다. 본고에서 소개하는 기법은 기존의 적응적 배경 모델링 기반의 객체 검출에서 발생하는 고스트 현상을 제거하고 정지객체를 안정적으로 추적할 수 있는 방법과 PTZ 카메라의 Panning, Tilting, Zooming을 통하여 카메라의 FOV를 지속적으로 추적하기 위한 카메라 이동 위치 예측 알고리즘을 포함하고 있다. 본고에서는 또한, 지능형 감시시스템의 한 종류로서 일반인이 통행할 수 있는 구역에서 출입자의 의상 특성을 분석하여 비인증 출입자를 검출하는 방법과 추적하는 객체가 차량일 경우, 차량의 종류를 자동 분류하는 기법을 소개한다.

1. 서 론

21세기 국방방위체제는 무인무기화, 첨단과학화, 디지털화, 정보화를 추구하고 있다. 국방 경계시스템의 경우, 지능화, 자동화, 네트워크 기반 경계시스템의 통합 관리의 기능이 지속적으로 발전하고 있고 이를 위하여 첨단 감지센서, 원거리 관측용 영상감시 장비, 통합 네트워크 운영체제 분야의 연구개발이 활발히 이루어지고 있다. 특히, 최근 발표되고 있는 영상감시 시스템의 경우, 이동객체의 자동 감지

및 추적, 위험 행동 자동 감지, 차량 번호판 인지 등 지능적인 자동 판별 기능이 포함되고 있다. 또한, 카메라의 FOV를 자유롭게 변경 가능한 PTZ(Pan-Tilt-Zoom) 카메라의 개발 및 보급이 확산됨에 따라 목표 객체를 지속적으로 추적하고, 객체영상을 순간적으로 확대하여 특성을 자동 분석 판별하는 등의 PTZ 카메라 기반의 지능형 감시 시스템 기술 개발에 대한 요구가 높아지고 있다.

우선, 자동화된 영상 감시 시스템에 대한 발전 현황에 대하여 간단히 살펴 보고자 한다. Valera와 Velastin[1]의 정리에 따르면 자동화 영상 감시 시스템의 발전은 크게 3세대로 구분되어 질 수 있다. 제 1 세대는 아날로그 시스템의 세대이다. 이는 촬영 영상의 저장 및 배포에 있어서 아날로그 방법을 적용하고 있는 시스템으로서 저장된 파일에 대한 관리 검색에 어려움이 있으나, 단순한 감시 영역의 촬영 및 저장 등 기본 기능에 대한 성능은 안정적이어서 상용 보급이 널리 되어 있다. 제 2 세대의 자동화 영상 감시 시스템은 컴퓨터 비전 기술과 결합이 시도되는 단계로서 감시 대상 목표 행동에 대한 자동 감지 등의 기능이 포함되고 있다. 그러나 감시가 가능한 목표 행동의 범위가 한정되어 있고, 자동 감지 정확성에 한계가 있어서 이와 관련한 지속적인 연구가 활발히 이루어지고 있는 상황이다. 제 3 세대의 자동화 영상 감시 시스템은 광역 감시 시스템으로 특징된다. 즉, 제 3 세대의 시스템은 다양한 종류의 센서를 결합하여 복합 정보를 취득하고, 광범위한 지역의 감시를 위하여 다수의 네트워크 카메라들을 사용하고 있는 통합 관리 시스템을 의미한다.

최근 영상 감시 시스템들은 고정형 카메라와 목표 객체를 지속적으로 추적하기 위한 PTZ 카메라가 혼합되어 사용되

고 있다. 특히, 최근에는 단일 PTZ 카메라를 이용한 광역 감시 기술에 대한 연구가 활발히 이루어 지고 있다. PTZ 카메라를 이용한 기법은 객체가 카메라의 FOV를 벗어나기 전에 카메라의 Panning, Tilting, Zooming 파라미터를 조정하여 객체를 계속적으로 추적한다. PTZ 카메라를 이용한 객체 추적 관련 연구로서 Yang [2]은 PTZ 카메라 기반 객체 위치 추적 프레임워크를 제안하였는데, 그의 방법에서는 감지된 전경(Foreground)의 중심을 관심객체의 중심으로 계산하여 중심에 맞게 PTZ 카메라 파라미터를 조정하는 방법을 사용하고 있다. Yang의 방법은 다중 전경객체가 감지되는 상황은 고려하지 않은 방법이다. Kang [3]은 기하학적인 변환 기반 모자이크 방법을 이용하여 움직이는 객체의 지역 검출 기법을 제안하였는데, 계산비용이 높은 방법을 적용하고 있기 때문에 실시간 객체 추적에는 어려움이 있다. Varcheie와 Bilodeau[4]는 PTZ 카메라를 이용한 온라인상에서의 추적을 위해 퍼지 특징 기반 방법을 제안하였다. 또한, 그들의 방법은 PTZ 카메라를 이용한 on-line 상에서의 객체 추적을 위하여 퍼지 특징 기반 방법을 포함하고 있고, 카메라 제어에 있어서 네트워크 지연을 수반하여 프레임율이 불규칙적인 환경에서 수행되도록 설계되었다. 그러나 이들의 방법은 카메라의 zooming 동작을 고려하지 않고 있다.

지능형 영상 감시 시스템을 차별화 시킬 수 있는 핵심 기술로서 사람/차 등을 실시간으로 식별하고, 사람 및 차량의 특성을 자동으로 분석하는 기술을 뽑을 수 있다. 사람/차의 식별을 위하여 기존의 다양한 방식들이 연구 제안되었고[5-7], 특히 차량의 특성에 따라, 차종을 분류하는 연구[7]들은 대부분 고정 각도에서 촬영된 차량 영상들, 즉 차량의 정면 혹은 측면의 영상들을 사용하는 것으로 분석대상의 영상을 제한하고 있다.

본고에서는 지능형 영상감시 시스템의 핵심 기술로서 PTZ(Pan-Tilt-Zoom) 네트워크 카메라를 이용한 액티브 객체 추적 기법 및 차량 객체 특성 분석 기법을 소개하고자 한다.

II. 본론

2.1 PTZ 카메라를 위한 적응적 배경 모델링

본 절에서는 카메라로부터 입력된 영상에서 원하는 객체를 안정적으로 검출하기 위해 미디언 배경 모델링을 기본으로 하고, 배경에 포함된 객체에 의해 발생될 수 있는 고스트 현상을 제거하고, 이동하다가 순간적으로 이동을 멈춘 정지 객체에 대한 안정적 검출을 가능하게 하는 방법을 소개하고자 한다. 소개하고자 하는 방법은 픽셀 기반 1단계와 비모션 영역 기반 2단계에 걸친 배경 갱신을 수행하는 방법으로서 세부 알고리즘은 아래 [알고리즘 1]과 같다.

[알고리즘 1 : 단계별 배경갱신]

1. BGS(Background Subtraction)에 의하여 분리되어진 전경(Foreground)에 대하여 레이블링을 수행하여 객체 영역 정보를 획득한다. 이 때, 배경 모델 정보를 기반으로 바람으로 인한 나뭇가지 흔들림, 작은 객체 같은 원하지 않은 영역은 객체 영역에서 제외시킨다.
2. 모션 히스토리 영상으로부터 객체의 모션 정보를 가져와 움직임이 극히 적은 영역을 구한다.
3. 움직임이 적은 영역이면서, 전경으로는 추출된 영역에 대하여 알고리즘 2에 따라 고스트 혹은 정지 객체를 판별한다.
4. 3에서 판별한 영역이 고스트이면 ROI에 대해서 배경에 빠르게 흡수되도록 한다.
5. 3에서 판별한 영역이 정지 객체이면 픽셀기반 배경 갱신에서 해당 영역에 배경 갱신이 억제될 수 있도록 정지 객체 이진 이미지를 생성한다.

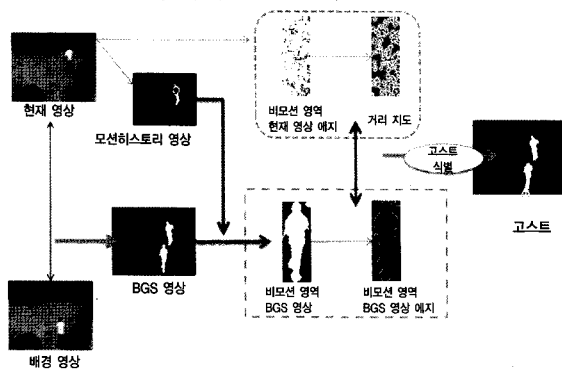
[알고리즘 2 : 고스트와 정지객체 판별]

1. 알고리즘 1의 1-3 단계를 통하여 움직임이 적은 영역이면서 전경으로 추출된 영역을 고스트 혹은 정지객체 후보 영역으로 추출하고, 해당 영역에 해당하는 BGS 영상에 대하여 캐니 에지를 추출한다.
2. 배경 영상에서 1의 해당 영역에 대한 캐니 에지를 구한다. 또한, 현재 입력 영상에서 해당 영역에 대한 캐니 에지를 구하고 거리변환을 통하여 에지로부터의 거리를 표현하는 거리지도를 생성한다.
3. 현재 입력 영상에 대한 거리지도를 이용하여 BGS의 해당 영역의 에지정보와 현재 영상의 에지 정보를 비교하여 유사도를 판별한다. 판별방법은 정해진 임계치 이상

의 유사도를 보이면 정지객체이고, 임계치 이하의 유사도를 보이면 고스트로 판별한다.

4. 3의 판별결과 고스트이면, 해당 ROI에 대해서 빠르게 배경으로 흡수되도록 한다.
5. 판별 결과가 정지객체이면 픽셀 기반 배경 갱신시 배경으로 갱신되지 않도록 정지객체 이진 이미지로 정지객체영역을 표시하고, 이를 알고리즘 1의 Step 5에서 사용한다.

아래 (그림 1)은 고스트 식별 절차를 도식화하여 보여주고 있다.



(그림 1) 고스트 식별 절차

영상 구분	원영상 및 추적결과	배경 영상
프레임 50		
프레임 63		

(그림 2) 알고리즘 1과 2를 통한 고스트 제거

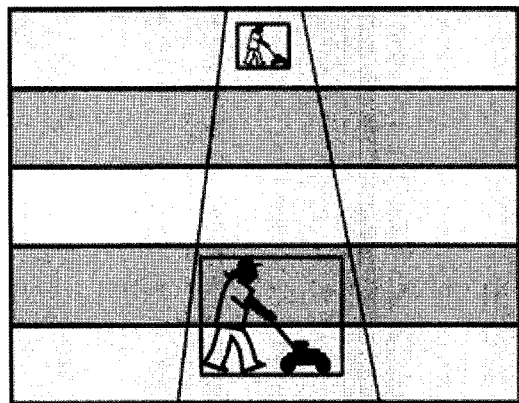
(그림 2)는 테스트 영상에서 알고리즘 1과 2를 통하여 제거

된 고스트를 보여준다. 프레임 50은 BGS 영상에서 움직임이 없는 ROI에 대해서 에지를 검출하고, 현재 영상에서 같은 위치의 영역에 대한 거리지도를 생성하여 유사도를 판별하여 붉은색 사각형 영역을 고스트 영역으로 식별하였다. 프레임 63에서는 식별된 고스트 영역에 해당하는 현재 영상의 영역을 배경에 빠르게 흡수시킴으로서 배경영상에서 제거하여 원하는 객체만을 올바르게 검출함을 보여주고 있다.

2.2 PTZ 카메라 기반 액티브 트래킹

PTZ 카메라의 줌아웃(Zoom-Out) 상태에서 지속적인 객체 추적을 위하여 카메라의 FOV를 추적 객체의 위치에 맞게 이동시킨다. 입력 영상의 중앙부를 중심으로 전체 영상의 50%에 해당하는 중앙 사각영역을 설정하고, 이 중앙 사각영역에 대한 객체 검출을 수행한다. 중앙 사각영역내에서 2.1절에서 설명한 기법에 의하여 객체 영역을 추출하고, 영상 중앙과 가장 가까이 위치한 객체를 추적 대상 객체로 인식하고 영상의 중심을 추적 대상 객체 영역의 중심으로 이동시킨다. 카메라의 FOV가 이동될 때 배경 갱신은 정지되며, 카메라 FOV의 이동이 정지되었을 때 배경 이미지를 새롭게 생성하여 관심 객체를 검출한다. 새로운 배경 이미지 생성으로 발생할 수 있는 고스트는 2.1절에서 제시한 방법에 의하여 검출 제거한다.

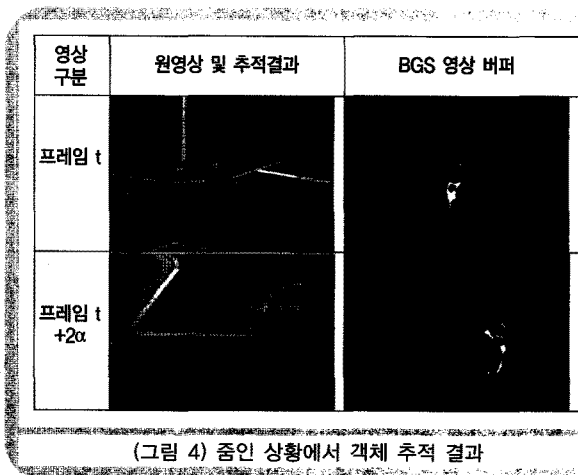
PTZ 카메라의 줌아웃 상태에서 추적 대상 객체가 검출되고 일정 시간 Panning 및 Tilting 을 통하여 카메라의 FOV를 이동시키며 추적하고, 객체의 세부 정보를 추출하기 위하여 순간적인 줌인(Zoom-In)을 수행한다. 줌인 파라미터를 결



(그림 3) 줌 파라미터 결정을 위한 영역 구분

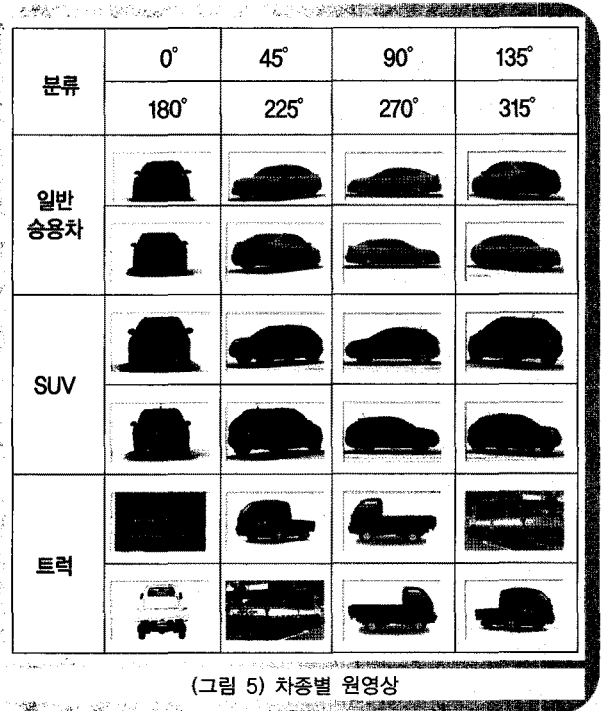
정하기 위하여 영상의 영역을 5개 행으로 나누고, 객체 영역의 중심이 위치하는 행 영역을 찾는다. 각 행 영역에 맞는 줌 파라미터를 실험에 의하여 결정하고 이를 지정하여 카메라가 객체의 위치에 따라 적절하게 줌인 될 수 있도록 한다.

객체의 위치에 따라 PTZ 네트워크 카메라를 제어하기 위하여 제어명령 전송 지연시간과 PTZ 카메라의 이동 시간이 고려되어야 한다. 또한 객체추적에서 미리 객체의 위치를 추정하는 요소가 필요하다. 본고에서 소개하는 방법은 객체의 위치를 추정하기 위하여 칼만 필터와 Varcheie와 Bilodeau의 서보 제어 루프 기법[4]을 적용하였다. 이동하는 객체일 경우 프레임 n에서 객체가 검출이 된다면 프레임 n + k에서 관심 객체는 이동이 된다. 객체 추적에서 객체의 계속적인 추적을 위해서 현재 프레임에서 인식된 객체의 위치로 카메라의 FOV의 중심을 이동 시켜야 한다. 하지만 현재 프레임에서 검출, 인식된 관심 객체의 ROI 위치만을 이용한다면 카메라의 FOV가 이동된 후 카메라의 FOV 중심에 관심 객체가 위치하지 않을 수 있다. 따라서 카메라의 FOV가 변화된 후에 관심 객체가 카메라의 FOV 중심에 위치 할 수 있도록 객체의 이동 속도 및 카메라 제어 지연 시간등을 고려하여 카메라의 이동 위치를 추정해야 한다.

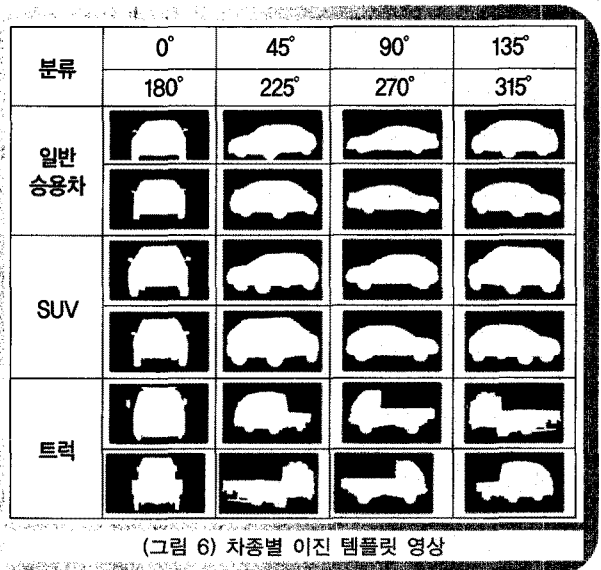


2.3 차량 자동 분류

2.2절에서 PTZ 카메라를 통하여 객체를 추적할 때, 객체의 세부 정보를 추출하기 위하여 순간적으로 카메라 줌인을 통하여 영상을 확대하고, 객체의 영역을 추출한다. 본 절에서는 추출된 객체가 차량일 경우, 차량의 차종을 자동으로



분류하기 위한 방법을 설명한다. 본 절에서 설명하는 방법에서는 차종을 일반승용차, SUV, 트럭 세 가지로 크게 구분하고, 각 차종별로 각각 45도씩 회전하며 촬영한 템플릿 모델을 통하여 템플릿 이진 영상을 획득하였다.



이진영상에서 객체영역을 둘러싸는 관심영역(ROI: Region

of Interest)을 추출하고, 가로 3등분, 세로 3등분으로 구분된 9개의 서브영역을 정의한다. 각 영역별로 값을 1로 가지는 객체픽셀의 수를 전체 ROI 크기에 비례하여 계산한 비율값을 식(1)과 같이 계산한다. 각 차종별로 8개의 영상에 대하여 각각 9개의 특성값들을 가지는 특성모델을 구성한다.

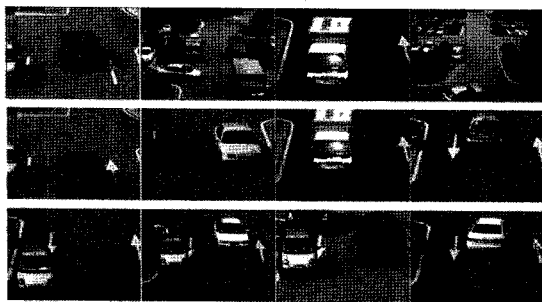
$$f_{i,j} = \frac{Count(i,j)}{W_{roi} * H_{roi}} \quad (1)$$

여기서, W_{roi} 는 관심영역의 넓이, H_{roi} 는 관심영역의 높이를 의미하며, $Count(i,j)$ 는 가로 i 번째, 세로 j 번째 서브영역의 객체픽셀의 개수를 의미한다.

2.1절과 2.2절에서 설명한 액티브 객체 추적을 통하여 차량 영역에 대한 확대 영상을 확보하고, 차량의 영역을 이진 영상으로 추출한다. 이진영상에 대하여 연결요소 레이블링(Connected Component Labeling) 기법을 이용하여 개별객체 영역과 사각형의 관심영역을 추출한다. 추출된 이진영역에 대하여 9개의 서브영역을 정의하고 식(1)에 의하여 각 영역에 대한 특성값을 추출한다. 24장의 차량 템플릿 영상에 대한 특성모델값과 9개의 서브영역에 대한 식(1)에 의한 특성값을 비교하여 유사도를 식(2)와 같이 구한다. $S_{c,k}$ 값 중 최소값을 가지는 차종 c 를 실시간 입력된 차량의 차종으로 결정한다.

$$S_{c,k} = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 \|f_{i,j}(T_{c,k}) - f_{i,j}(I)\| \quad (2)$$

여기서, $f_{i,j}(T_{c,k})$ 는 차종 c , 촬영방향 k 영상을 위한 i 번째 행, j 번째 열의 특성값을 의미한다. I 는 입력영상의 차량영역을 의미한다. 각각의 차종의 영상에 대한 $S_{c,k}$ 를 구하고 최



(그림 7) 줌-인된 차량영상

소 $S_{c,k}$ 를 가지는 차종을 입력영상내의 차량의 차종으로 분류한다.

(그림 7)은 차량 분류를 위하여 PTZ 카메라의 액티브 트래킹 결과 줌-인 확대된 테스트 영상을 보여주고 있다.

III. 결 론

본고에서는 PTZ 카메라를 이용하여 적응적 배경 모델링을 기반으로 하는 액티브 객체 추적 기법을 소개하였다. 소개된 방법은 적응적 배경 모델링과 모션 히스토리 영상의 정보를 기반으로 2단계 배경 갱신 기법을 적용함으로써 적응적 배경 모델링이나 모션 정보만을 이용하는 기존 방법에서 처리가 힘들었던 고스트의 제거와 정지 객체의 지속적 추적이 가능하도록 하였다. 또한, 네트워크로 연결된 PTZ 카메라를 실시간으로 제어하고 관심객체를 안정적으로 추적하기 위하여 객체의 위치, 객체의 움직임 속도 및 카메라 제어 지연 시간등을 고려한 카메라 이동 위치 예측 알고리즘을 적용하여 PTZ 카메라의 중심위치가 추적 객체의 중심으로 자연스럽게 맞춰질 수 있도록 하였다. 액티브 트래킹 기술과 함께 본고에서는 액티브 트래킹의 결과 추출된 차량의 영역 정보를 기반으로 차종을 자동으로 분류하는 실시간 처리가 가능한 기법을 소개하였다.

국방 경계 시스템은 지능화 요소, 자동화 요소, 통합 관리 요소가 강화 되면서 다양한 센서와 영상분석 기술, 인공지능 기술이 통합되어 진화되어 가고 있다. 그러나 아직도 불안정한 기후나 조명환경, 강한 바람과 파도 등 특수 상황에서 안정적으로 목표 객체 및 행동을 완전하게 감지해 내는 것에는 한계를 가지고 있다. 이러한 특수 상황에서의 문제를 해결하기 위하여 다양한 하드웨어 센서 장비 개발 측면과 비전과 인공지능 소프트웨어 알고리즘 개발 측면에서 활발한 연구들이 진행되고 있다.

Acknowledgement

본 연구는 지식경제프론티어기술개발 사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅 및 네트워크 원천 기반 기술개발사업의 11C3-T3-10M과제로 지원된 것임

참고 문헌

- [1] M. Valera, S.A. Velastin, "Intelligent distributed surveillance systems: a review," Proc. Of Vision '05, Image and Signal Processing, Vol. 152, pp. 192-204, 2005.
- [2] C. Yang, R. Chen, C. Lee, S. Lin, "PTZ camera based position tracking in IP-surveillance system," Proc. of ICST '08, pp. 142-146, 2008.
- [3] S. Kang, J. Paik, A. Koschan, B. Abidi, M. A. Abidi, "Real-time video tracking using PTZ cameras," Proc. of Sixth International Conference on Quality Control by Artificial Vision '03, Vol. 5132, pp. 103-111, 2003.
- [4] P.D. Z. Varcheie, G.-X. Bilodeau, "Active people tracking by a PTZ camera in IP surveillance system," Proc. of IEEE International Workshop on Robotic and Sensors Environments(ROSE) '09, pp. 98-103, 2009.
- [5] 최정환, 백영민, 최진영, "힐버트 스캔 거리값을 이용한 물체 식별 알고리즘," 전기학회논문지, 제57권 제 4 호, pp. 700-705, 2008.
- [6] Y. Dedeoglu, B. U. Toreyin, "Silhouette-based Method for Object Classification and Human Action Recognition in Video," LNCS, Vol. 3979, pp. 64-77, 2006.
- [7] X. Ma, W. Eric, L. Grimson, "Edge-based Rich Representation for Vehicle Classification," ICCV, Vol. 2, pp. 1185-1192, 2005.
- [8] D. H. Parks, S. S. Fels, "Evaluation of Background Subtraction Algorithm with Post-Processing," Proc. of AVSS '08, pp. 192-199, 2008.
- [9] 최유주, 이소영, "지능형 감시시스템을 위한 자동 차종 분류 기법," 한국지식정보기술학회 2010 추계학술대회 논문집.

약 력



최 유 주

1989년 이화여대 전자계산학(학사)
 1991년 이화여대 전자계산학(석사)
 2005년 이화여대 컴퓨터학과(박사)
 1991년 ~ 1993년 한국컴퓨터주식회사 주임연구원
 1994년 ~ 1999년 포스데이타주식회사 주임연구원
 2005년 ~ 2010년 서울벤처정보대학원대학교 컴퓨터응용기술학과 조교수
 2010년 ~ 현재 한독미디어대학원대학교(KGT) 뉴미디어학부 조교수
 관심분야: 컴퓨터 그래픽스, 가상현실, HCI, 컴퓨터비전, 영상처리, 유비쿼터스 컴퓨팅



양 휘 석

2009년 아주대학교 전자공학부 학사
 2011년 아주대학교 전자공학과 석사
 관심분야: 컴퓨터 비전, 영상처리, 패턴인식, 모바일 컴퓨팅, 임베디드 시스템, 스마트디바이스



황 용 현

2006년 동서대학교 공학사
 2008년 동서대학교 공학석사
 2008년 ~ 2009년 이즈커뮤니케이션즈 부설연구소 연구원
 2009년 ~ 현재 아주대학교 유비쿼터스시스템연구센터 전임연구원
 관심분야: 컴퓨터 비전, 영상처리, 컴퓨터 그래픽스, 패턴인식, 상황인지, 스마트 CCTV



조 위 덕

1987년 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업 (공학박사)
 1983년 ~ 1991년 삼성전기(현 LG전자) 기술연구소 DSP 연구실장
 1991년 ~ 2003년 전자부품연구원(KETI) 시스템연구본부 본부장
 1993년 미국 TCSI/Berkeley PCG Group 공동개발연구원
 1994년 영국 TTP/Cambridge GSM Division 공동개발연구원
 현재 지식경제부 21세기프론티어사업 (재)유비쿼터스컴퓨팅(UCN) 사업단장
 현재 아주대학교 유비쿼터스시스템연구센터장
 현재 아주대학교 전자공학부 교수
 관심분야: U-라이프케어서비스디자인, U-City 서비스디자인, 모바일앱디자인, 스마트디바이스개발스마트베드, 스마트 미러, 인간행동측정기, 스마트CCTV