

자동 제어되는 카메라 환경에서 실시간 다수 물체 검출 및
관심 보행자 추적

Real-Time Multi-Objects Detection and Interest Pedestrian
Tracking in Auto-Controlled Camera Environment

- ▶ 투고자 : 이병선(한밭대학교 정보통신전문대학원)
- ▶ 원고 매수 : 표지(1), 본문 및 참고문헌(8), 약력(1)
- ▶ 표의 수 : 2개
- ▶ 그림의 수 : 6개

제어 가능한 카메라 환경에서 실시간 다수 물체 검출 및 관심 보행자 추적

이병선, 이은주

한밭대학교 정보통신전문대학원 컴퓨터공학과

대전광역시 유성구 덕명동 산 16-1번지

Tel: 042-821-1205, E-mail: lbs@hanbat.ac.kr

Real-Time Multi-Objects Detection and Interest Pedestrian Tracking in Controllable Camera Environment

Byung-sun Lee, Eun-joo Rhee

Dept. Computer Science & Engineering, Graduate School of Information and Communication,

HANBAT National University

16-1, Deongmyeong-dong, Yuseong-gu, Daejeon, 305-719, Korea

Tel: 042-821-1205, E-mail: lbs@hanbat.ac.kr

요 약

본 논문에서는 실시간으로 획득된 영상을 분석하여 움직이는 다수 물체를 검출하고, 카메라를 자동 제어하여 관심 보행자만을 추적하는 시스템을 제안한다. 다수 물체 영역 검출은 차영상과 이진변환 밀도값을 이용한다. 검출된 다수 물체 영역에서 사람의 구조적 정보와 형태 정보를 이용하여 나무들의 흔들림으로 인한 영역이나 차량의 움직임 영역은 제거되고, 관심 보행자 영역만을 검출하였다. 관심 보행자 추적은 무게중심 차를 이용한 움직임 정보와 k-means 알고리즘으로 구한 세 점의 평균 색상 정보를 이용한다. 원거리 관심 보행자는 인식률을 높이기 위해 줌을 실행하여 확대하고, 관심 보행자의 화면상 위치에 따라 카메라 방향을 자동으로 조정하여 관심 보행자만을 연속적으로 추적한다.

실험 결과, 제안한 시스템은 실시간으로 움직이는 다수 물체를 검출하고, 사람의 구조적 특징과 형태 정보로 관심 보행자만을 검출할 수 있었고, 움직임 정보와 색상정보로 관심 보행자를 연속적으로 추적할 수 있었다.

1. 서 론

최근 보안과 범죄 예방에 대한 관심이 크게 증대되면서 자동 감시 시스템이나 보안시스템에 대한 연구가 활발히 진행 중이다[Hanpapur et al. 2005, 김휘용 2004, 임종석 2004]. 특히 동영상에서 자동으로 움직이는 물체를 검출하고 추적하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다[임종석 2004, 조주현 2006, Hussein et al. 2006, Sotelo et al. 2006, Zhang et al. 2006]. 움직이는 물체에는 사람, 자동차, 동물 등 다양하지만 대부분이 사람을 검출하고 추적하는 연구가 주를 이루고 있다[Zhou et al. 2005, Fuentes et. al 2001, Wren et al. 1997, Haga et al. 2004, Mckenna et al. 2000]. 그러나 여전히 강인한 상황(예를 들어 나무들의 움직임, 짙은 그림자 등)으로 인한 분할에 대한 기술적인 연구가 요구되고 있다.

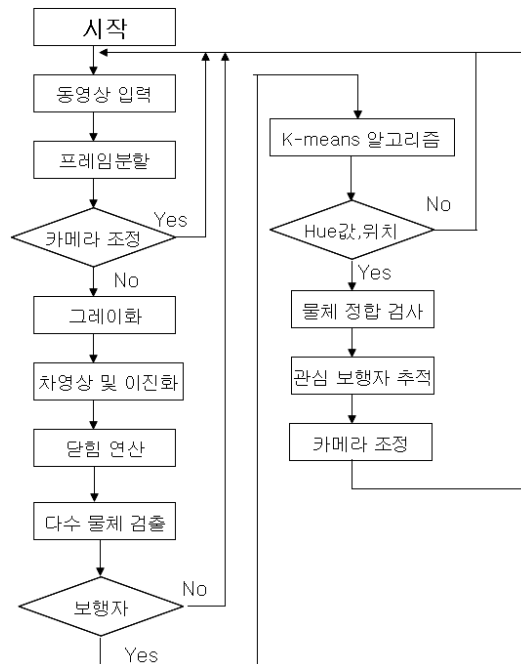
따라서 본 논문에서는 Pan-Tilt-Zoom 카메라를 통해 획득한 영상에서 차영상과 이진변환 밀도값을 이용하여 실시간으로 움직이는 다수 물체를 검출하고, 검출된 영역에 대하여 사람의 구조적 특징과 형태 정보를 이용하여 관심 보행자만을 검출하고, 선택된 관심 보행자에 대해 움직임 정보와 색상 정보를 이용하여 연속적으로 추적하는 시스템을 제안하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 움직이는 다수 물체를 검출하고, 관심 보행자를 추적하는 방법에 관하여 기술하고, 3장에서는 실험 및 고찰에 대해, 4장에서는 결론 및 향후 연구방향에 대해 기술하였다.

2. 다수 물체 검출 및 관심 보행자 추적

본 장에서는 움직이는 다수 물체를 검출하기 위하여, 영상을 프레임별로 나누고 칼라 영상을 그레이 영상으로 변환한다. 물체 검출을 위한 많은 방법 중에 계산량이 적고 실시간으로 처리하기 용이한 차영상 기법을 이용한다. 얻어진 차영상에 대해 실험치에 의한 구해진 임계치로 이진화를 수행하고, 형태학적 기법인 닫힘 연산과 이진변환 밀도값을 이용하여 움직이는 다수 물체 영역을 검출한다. 사람의 구조적 정보와 형태 정보를 이용하여 관심 보행자를 검출하고, 움직임 정보와 색상 정보를 이용하여 관심 보행자를 추적하기 위한 방법에 대해 기술한다.

그림 1은 전 과정을 나타내는 흐름도이다.



(그림 1) 전체 흐름도

2.1. 차영상 및 닫힘 연산

먼저 입력 영상을 프레임별로 나누고, 입력된 칼라 영상을 그레이 영상으로 변환한다. 영상내의 움직이는 물체를 검출하기 위하여 계산량이 적기 때문에 빠르고 쉽게 물체의 위치를 추출할 수 있는 차영상을 사용하였다[haritaoglu et al. 2000]. 차영상의 잡음을 없애고 명확한 물체의 영역만을 검출하기 위하여 실험에 의해 구해진 임계치로 이진화 과정을 수행한다.

이진화된 영상에 대하여 단일 화소 단위의 이상 물체들을 채우게 되며 유사한 작은 구멍들이나 틈새를 채우게 되는 형태학적 처리의 8방향 닫힘 연산을 수행한다.

그림 2는 차영상을 구하고 실험치에 의한 임계값으로 이진화 한 후 형태학적 처리의 닫힘연산을 수행한 결과 영상을 보인 것이다.



(a) 이전 원본 (b) 현재 원본 (c) 이전 그레이 (d) 현재 그레이



(e) 차영상 (f) 이진영상 (g) 단합연산 영상

(그림 2) 차영상 및 단합 연산 결과 영상

2.2. 다수 물체 영역 검출

움직이는 물체의 영역을 검출하기 위해서 단합 연산된 영상의 이진변환 밀도값을 이용한다. 먼저 x축과 y축의 이진변환 밀도를 (식 1)를 이용하여 계산한 후, 연결된 구간의 이진변환 밀도의 누적값을 계산한다.

$$\begin{aligned}
 \text{x축: } f(x) &= \sum_{i=0}^{319} i \quad x = 0, 1, \dots, 319 \\
 \text{y축: } f(y) &= \sum_{j=0}^{239} j \quad y = 0, 1, \dots, 239 \quad (\text{식 1})
 \end{aligned}$$

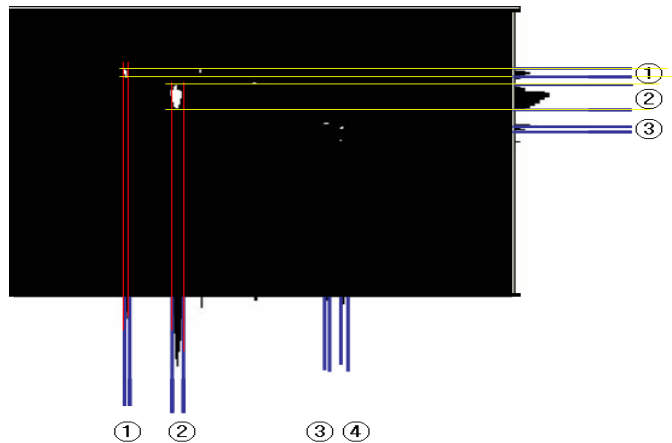
누적된 x, y축의 공통 영역을 물체 영역이라고 정의하고, 물체 영역 중 작은 영역에 대해서는 [조건 1]에 의해 제거된다.

[조건 1]

$$\begin{cases} \text{if } Ysize[i] < th \text{ or } Xsize[i] < th & 0 & i = 0, 1, \dots, m \\ \text{else} & 1 \end{cases}$$

여기서, m은 다수 물체의 갯수이고, th는 실험치의 임계값이며, Ysize, Xsize는 각 물체영역별 세로, 가로 크기이다.

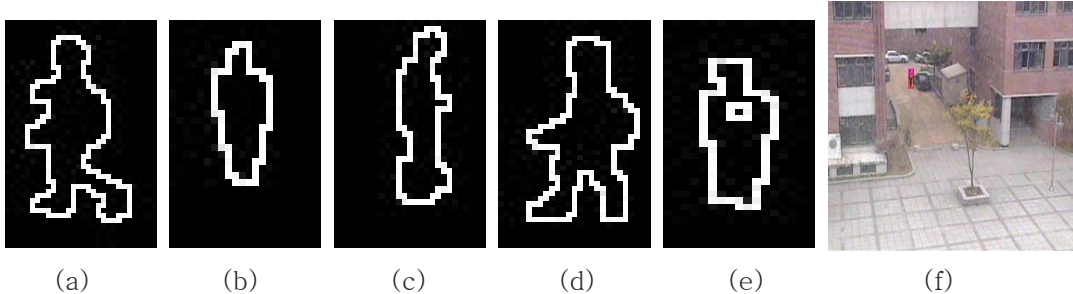
아래 그림 3은 (식 1)과 [조건 1]에 의해 물체 영역 결정 과정을 표시한 것이다.



(그림 3) 다수 물체 영역 검출 예

다수 물체 영역이 검출되면 각 물체 영역의 가로, 세로 비를 계산한다. 사람이 움직일 경우에는 가로의 길이보다 세로의 길이가 길다는 구조적 조건을 이용하여 가로의 길이가 세로의 길이보다 길거나 같다면 보행자 영역으로 판단하지 않고 제거한다. 남은 영역에 대해 사람의 형태 정보를 이용하여 최종 관심 보행자 영역을 검출한다.

그림 4에서 (a)~(e)까지는 사람의 형태 정보를 나타낸 영상이고, (f)는 형태 정보를 이용하여 최종 관심 보행자 영역을 검출한 영상이다.



(그림 4) 사람의 형태 정보와 최종 관심 보행자 영역 검출

2.3. 관심 보행자 추적

관심 보행자 추적을 위해서는 검출된 보행자 영역의 무게중심을 이용한다. 현재 프레임의 보행자 영역과 이전 프레임의 보행자 영역의 중심을 계산한 후, 두 중심의 거리 차를 계산한다. 그 거리가 실험에 의해 정한 임계치 이상이면 다른 보행자로 판단하여 무시하고, 거리가 임계치 이하이면 동일 보행자로 판단한다. 무게중심만으로 동일 보행자인지를 판단하면 가까운 거리의 다른 보행자도 동일 보행자로 판단하는 오류가 발생하므로 사람은 머리, 몸통, 다리 부분으로 크게 나눌 수 있으므로 k-means 알고리즘을 이용하여 세 개의 무게중심점을 구한다. 각각의 무게 중심점과 그 주변 3X3 영역의 Hue값의 평균값을 이용하여 동일 보행자인지를 판단한다. 이전 프레임의 세 점의 평균 Hue값과 현재 프레임의 세 점의 평균 Hue값이 임계치 범위에 있으면 동일 보행자로 판단하여 추적을 계속한다.

2.4. 카메라 조정

동일한 관심 보행자로 판단되면, 추적을 계속하기 위하여 카메라 조정을 결정한다. 추적된 관심 보행자의 중심점이 화면의 일정 영역에 있지 않을 경우, 카메라의 방향을 조정하여 관심 보행자의 위치를 화면의 일정 영역에 위치하게 한다. 또한 멀리 있는 보행자의 인식률을 높이기 위해 줌을 실행하여 영역을 확대한다. 단, 카메라를 조정할 경우 조정에 따른 오차를 최소화하기 위하여 물체 검출 및 추적을 잠시 중지한다.

3. 실험 및 고찰

본 논문은 실험을 위해, Pan-Tilt-Zoom과 칼라 영상을 출력하는 카메라로 320 x 240 사이즈의 동영상을 초당 10 프레임씩 캡처하였고, 알고리즘 구현은 Visual C++ 6.0을 사용하였다.

카메라와의 통신을 위하여 RS-232 Serial포트를 사용하였으며, 카메라로부터 영상을 받아들이기 위하여 영상 캡처카드를 사용하였다. 프로그램에서 동영상의 크기와 영상의 RGB값을 가진 이미지를 받아들일 수 있도록 조정하였다.

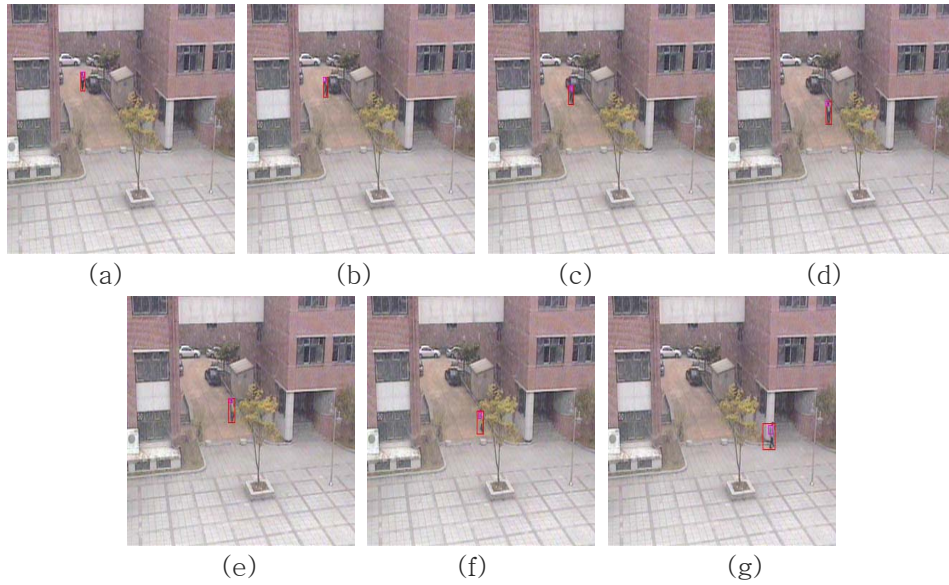
3.1. 다수 물체 검출 및 관심 보행자 추적

다수 물체 검출에서는 실시간 처리를 위하여 차영상과 실험치에 의해 얻어진 임계치로 이진화를 수행하였다. 이진화된 영상에서 유사한 작은 구멍들이나 틈새를 채우며 물체의 외곽선을 평활하게 하고 형상이나 크기는 유지시키는 형태학적 처리인 닫힘 연산으로 물체의 형태를 명확하게 하였다. 이진변환 밀도를 이용하여 다수 물체 영역을 결정하고, 다수 물체 영역 중에서 [조건 1]과 사람의 형태 정보를 이용하여 관심 보행자

영역을 검출하였다.

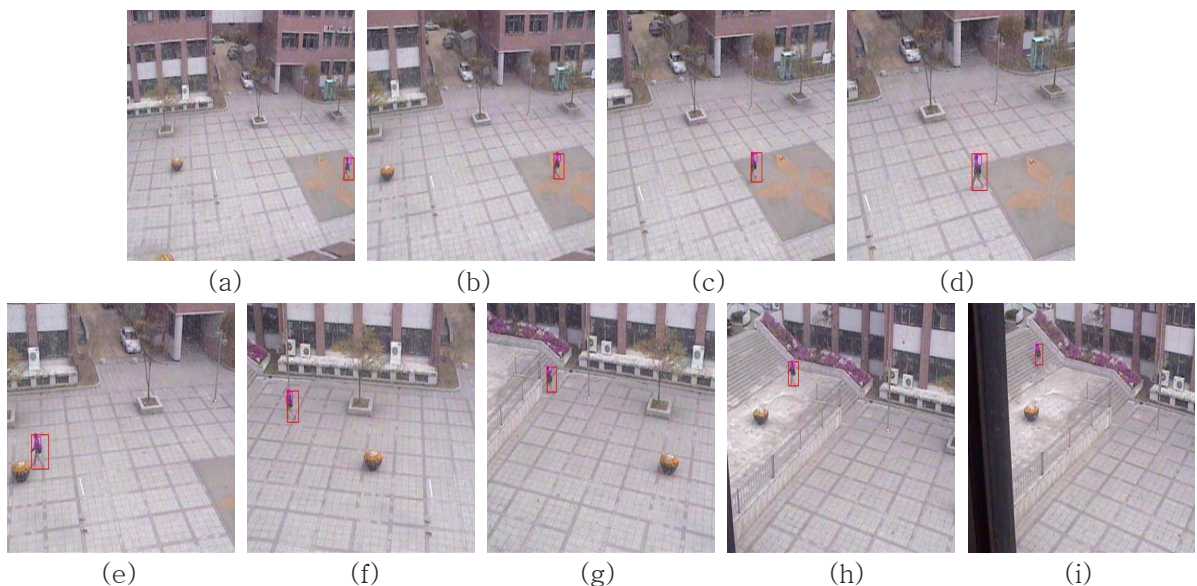
검출된 관심 보행자 영역에 대하여 이전 보행자 영역의 중심간의 거리를 이용하여 동일 보행자인지를 1차적으로 판단하고, k-평균 알고리즘으로 구한 세 개의 중심점의 3x3 영역에 대한 평균 hue값을 이용하여 2차적으로 동일 보행자인지를 판단하였다. 동일 보행자로 판단되면 추적하도록 하였다. 멀리 있는 보행자의 인식률을 높이기 위해 줌을 실행하여 일정 크기로 확대하였으며, 보행자의 중심이 화면내의 범위에 있지 않을 경우, 카메라의 방향을 조정하여 연속적으로 추적할 수 있도록 하였다. 카메라를 조정하는 동안은 물체 검출 및 추적을 중지하였고, 조정이 완료된 후 다시 검출과 추적을 하도록 하였다.

그림 5는 검출된 보행자에 대해 중심간의 거리를 이용한 움직임 정보와 k-평균 알고리즘으로 얻어진 색상 정보를 이용하여 관심 보행자에 대해 추적한 결과를 보여주고 있다. (a)~(g)는 시간 흐름 순서대로 나열한 것이다.



(그림 5) 관심 보행자 추적 결과 영상

그림 6은 보행자의 중심이 화면내의 임의의 위치에 있지 않을 경우 카메라의 방향을 조정하고, 보행자의 인식률을 높이기 위하여 줌을 실행한 영상이다. (a)~(d)는 줌을 실행한 영상을, (e)~(i)는 보행자의 위치에 따라 카메라를 조정한 것을 시간 흐름대로 표시한 것이다.



(그림 6) 줌을 실행한 영상과 카메라 조정 영상

3.2. 제안 방법의 성능 평가

관심 보행자 영역을 결정하는 부분에 대한 성능을 알아보기 위하여, 연속된 실시간 영상에서 의도된 움직임 보이는 다수 물체의 영역에서 관심 보행자 영역만을 검출할 수 있는지를 조사하였다. 표 1은 연속된 영상에서 움직이는 관심 보행자의 영역을 검출한 결과에 대한 성능을 나타낸 표이다. 표 2는 검출된 관심 보행자에 대한 추적이 성공하는지에 대한 결과를 나타낸 것이다.

표1. 관심 보행자 영역 검출

횟수	1회	2회	3회	4회	5회
전체 frame수[#]	150	200	130	150	150
성공 frame수[#]	146	192	124	143	147
실패 frame수[#]	4	8	6	7	3
성공률[%]	97.33	96.00	95.38	95.33	98

표2. 관심 보행자 추적

횟수	1회	2회	3회	4회	5회
전체 frame수[#]	146	192	124	143	147
성공 frame수[#]	141	186	115	135	139
실패 frame수[#]	5	6	9	8	8
성공률[%]	96.57	96.87	92.74	94.40	94.56

관심 보행자 영역을 검출하는 과정에서는 검출된 물체 영역이 임의의 임계치보다 작은 경우와 가로 길이와 세로 길이가 같거나 클 경우에는 보행자로 검출하지 않았으며, 보행자가 겹쳐 발생하는 경우 사람의 형태 정보와 상이하여 실패하는 경우가 발생하였다. 또한 보행자 검출이 성공적인 경우의 추적은 대부분 성공적인 모습을 보였지만 움직임 정보가 유사하고 hue값이 유사한 경우의 다른 보행자에 대해 관심 보행자로 판단하여 추적하는 모습을 보였으며, 너무 빠른 이동을 보인 경우에는 추적에 실패하는 결과를 보였다.

4. 결론

본 논문에서는 Pan-Tilt-Zoom 카메라로부터 영상을 획득하여 실시간으로 움직이는 다수 물체의 영역을 검출하고, 사람의 구조적 특징과 형태 정보를 이용하여 관심 보행자를 검출한 후, 움직임 정보와 색상 정보를 이용하여 관심 보행자만을 추적하는 방법을 제안하였다.

먼저, 칼라 영상을 그레이화한 후 차영상을 수행하고 자료의 양을 줄이고 빠른 처리를 위하여 이진화하였다. 이진화된 영상에 대해 유사한 작은 구멍들이나 틈새를 채우며 물체의 외곽선을 평활하게 하고 형상이나 크기는 유지시키는 형태학적 처리인 닫힘 연산으로 물체의 형태를 명확하게 하였다. 다수 물체 영역은 이진 변환 밀도 누적값을 계산하여 조건 1을 만족하는 영역에 대해 검출한다. 검출된 다수 물체 영역에서 사람의 구조적 정보와 형태 정보를 이용하여 나무들의 흔들림으로 인한 영역이나 차량의 움직임 영역은 제거되고, 관심 보행자 영역만을 검출하였다. 검출된 보행자 영역에 대하여 영역의 무게중심 간의 거리 차를 이용한 움직임 정보로 동일성을 1차적으로 판별하고, 1차 판별된 보행자 영역에 대해 k-평균 알고리즘으로 세 점을 구하고 각 점 3x3 영역의 평균 hue값을 이용하여 동일성을 2차 판별한 후 추적하였다. 보행자 인식률을 높이기 위하여 줌을 실행하여 일정 크기로 확대하여 추적하도록 하였으며, 보행자가 화면의 임의 범위에 있지 않을 경우 카메라를 조정하여 연속적으로 추적하도록 하였다.

실험 결과, 실시간으로 움직이는 다수 물체를 검출하고 사람의 구조적 정보와 형태 정보를 이용하여 나무의 흔들림으로 인한 영역이나 차량의 움직임 영역은 제거하고 관심 보행자만을 검출할 수 있었으며, 움직임 정보와 색상 정보를 이용하여 관심 보행자만을 원활히 추적할 수 있었다.

향후 연구 방향은 보행자가 겹쳐 발생하는 경우에도 관심 보행자 영역만을 추출하는 연구와 빠르게 움직이는 경우의 추적을 위한 연구가 추가되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김휘용, “화상감시를 위한 이동물체 추출 및 동영상 부호화 기법”, 한국과학기술원 박사학위논문, 2004.
- [2] 임종석, “이동카메라 영상에서 컬러 정보를 이용한 다수 보행자 검출 및 추적”, 영남대학교 박사학위 논문, 2004.
- [3] 조주현, “배경 모자이크 평면을 이용한 물체 검출 및 동영상 부호화”, 한국과학기술원 박사학위논문, 2006.
- [4] Fuentes. L.M, and S.A. Velastin, "People Tracking in Surveillance Application", In Proc. 2nd IEEE International Workshop on PETS, December, 2001.
- [5] Haga. T, K. Sumi and Y. Yagi, "Human detection in Outdoor Scene using Spatio-temporal Motion Analysis", In Proc. of the 17th International Conference on Pattern Recognition(ICPR'04), Vol. 4, August, 2004, pp. 331-334.
- [6] Hampapur. A, L. Brown, J. Connell, A. Ekin, N. Haas, M. Lu, H. Merkl, S. Pankanti, A. Senior, C.F. Shu, and Y.L. Tian, “Smart Video Surveillance”, IEEE Signal Processing Magazine, March, 2005, pp. 38-51.
- [7] Haritaoglu. I, D. Harwood, L.S. Davis, " W4: Real-Time Surveillance of People and Their Activities", In Proc. of IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 22, No. 8, August, 2000, pp. 809-830.
- [8] Hussein. M, W.A. Almageed, Y .Ran, L. Davis, “Real-Time Human Detection, Tracking, and Verification in Uncontrolled Camera Motion Environments", In Proc. of the Fourth IEEE International Conference on Computer Vision Systems(ICVS 2006), January, 2006, pp. 41-47.
- [9] Mckenna. S.J, S. Jabri, Z. Duric, A. Rosenfeld, and H. Wechsler, "Tracking Groups of People", Computer Vision and Image Understanding, 2000, pp. 42-56.
- [10] Sotelo. M.A, I. Parra, D. Fernandez, E. Naranjo, "Pedestrian Detection using SVM and Multi-feature Combination", In Proc. of the 2006 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, September, 2006, pp. 103-108.
- [11] Wren. C, A. Azarbayejani, T. Darrell, and A. Pentland, "Pfinder: Real-time tracking of the human body", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, 1997, pp. 780-785.
- [12] Zhang. Y, S.J. Kiselewich, A. Bauson, and R. Hammoud, "Robust Moving Object Detection at Distance in the Visible Spectrum and Beyond using a Moving Camera", In Proc. the 2006 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop(CVPRW'06), June, 2006, pp. 131-138.
- [13] Zhou. J, and J. Hoang, "Real Time Robust Human Detection and Tracking System", In Proc. the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR'05), Vol. 3, June, 2005, pp. 149-156.

저자 약력



이 은 주

충남대학교 공과대학에서 공학사를 취득하고, 동대학원에서 공학석사, 공학박사를 취득하였다. 현재 한밭대학교 정보통신전문대학원 교수로 재직하고 있으며, 정보통신컴퓨터공학부 학과장을 맡고 있다. 공주교육대학교 교수, 일본 Tokyo Institute of Technology 객원연구원, Oregon Graduate Institute of Science and Technology 객원교수를 역임하였으며, 주요 관심 분야는 컴퓨터 비전, 패턴인식, 영상처리, 한국어 정보처리, 인공지능

등이다.



이 병 선

한밭대학교 공과대학에서 공학사를 취득하고, 동대학원에서 공학석사를 취득하고, 공학박사과정을 수료하였다. 주요 관심 분야는 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터 비전, 인공지능 등이다.