

논문 2009-5-14

# 감시카메라 영상기반 응급상황 탐지 및 이동로봇 추적 시스템

## Emergency Situation Detection using Images from Surveillance Camera and Mobile Robot Tracking System

한태우\*, 서용호\*\*

Tae-Woo Han, Yong-Ho Seo

요 약 본 논문은 감시카메라 영상으로부터 응급상황을 탐지하는 방법과 응급상황의 정밀 탐색 및 서비스를 위한 이동로봇 추적 시스템 개발에 대하여 기술한다. 건물 곳곳에 설치된 카메라로부터 얻어지는 일련의 영상들을 분석하여 처리함으로써 사람의 행동을 인식할 수 있으며, 이 중 응급상황이 탐지된 경우 준비된 이동로봇을 이용해 응급상황 발생지점의 정밀 탐색이 가능하다. 감시 카메라 영상을 통하여 사람의 행동들을 인식하기 위해서는 인간의 모습이 라고 가정되는 영역들을 추적하고 관리해야 한다. 한 영상에서 가우시안 혼합 모델(MOG)을 이용하여 배경과 분리된 관심 영역들을 추출하고, 각 영역들을 외관 모델을 이용하여 지속적으로 추적한다. 그리고 각 영역의 실루엣 정보를 이용한 움직임 누적 영상(MHI)을 생성하여 행동을 모델링하고 신경망을 이용하여 응급 상황을 최종 인식한다. 또한 응급상황에 처한 사람과 이동로봇의 위치정보를 계산해 이동로봇이 사람에게 접근하는 기술을 구현한다.

**Abstract** In this paper, we describe a method of detecting emergency situation using images from surveillance cameras and propose a mobile robot tracking system for detailed examination of that situation. We are able to track a few persons and recognize their actions by an analyzing image sequences acquired from a fixed camera on all sides of buildings. When emergency situation is detected, a mobile robot moves and closely examines the place where the emergency is occurred. In order to recognize actions of a few persons using a sequence of images from surveillance cameras images, we need to track and manage a list of the regions which are regarded as human appearances. Interest regions are segmented from the background using MOG(Mixture of Gaussian) model and continuously tracked using appearance model in a single image. Then we construct a MHI(Motion History Image) for a tracked person using silhouette information of region blobs and model actions. Emergency situation is finally detected by applying these information to neural network. And we also implement mobile robot tracking technology using the distance between the person and a mobile robot.

**Key Words :** Emergency Situation Detection, Surveillance System, Human Action Recognition, Mobile Robot

### I. 서 론

최근 보안기술의 자동화를 위해 각 건물에 설치된 감시카메라 영상을 이용한 인간 영상 추적 및 행동 인식에

대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 건물 내에 설치된 감시카메라 기반 보안시스템은 스스로 보행자들의 상황을 인지하고 그 순간에 맞는 적절한 서비스를 제공할 필요가 있다. 이를 위해서는 감시카메라 영상에서 실시간으로 사람의 위치와 행동을 효율적으로 인식하는 방법이 필요하다. 더불어 이동로봇을 이용한 사용자추적 시

\*정회원, 우송대학교 게임멀티미디어학과

\*\*정회원, 남서울대학교 컴퓨터학과

접수일자 2009.9.3, 수정일자 2009.10.5

스텝 또한 건물내부의 보안을 위해 최근 활발히 연구가 진행되고 있다[1]. 이러한 감시카메라 영상기반의 보안시스템과 이동로봇의 추적기술을 결합해 응급상황을 인식하고 적극적으로 대처하는 새로운 감시 시스템이 필요하다.

인간 행동의 시점기반 인식 방법은 인간 몸체 부분 검출, 인간의 움직임 추적, 연속된 영상의 인간 행동인식으로 구성된다[2]. 좋은 성능을 내기 위해서는 인간의 움직임 정보 및 행동을 분석해 내는 것이 매우 중요하다. 특히 많은 사람들이 한 화면에 등장하게 되었을 때, 사람들의 움직임 정보를 추출하기 위해서는 모든 사람들의 영역을 잘 구별해 내야 한다. 이러한 연구는 특히 보안 자동화를 위한 시각적 감시 시스템에도 활용될 수 있다.

본 논문에서는 인간 행동의 시점기반 인식 방법을 감시카메라에 적용하여 환경 스스로 사용자의 응급상황을 식별하고 이동로봇을 이용한 추적을 통해 적절한 서비스를 제공하는 지능형 감시 시스템을 제안한다.

다음 장에서는 제안하는 인간 행동 추적 방법을 이용한 응급상황 탐지 및 이동로봇을 이용한 추적 시스템 개요를 설명한다. 3장에서는 인간영역 검출, 인간추적, 행동 모델링, 행동 인식 및 인간 행동 추적에 의한 응급상황 탐지 기술에 대해 설명하고, 4장에서는 이동로봇 추적 방법에 대해 설명한다. 5장에서는 응급상황 탐지에 대한 실험결과를 보이며 이동로봇 추적 실험을 통해 제안된 시스템을 검증하고, 끝으로 6장에서 결론을 맺는다.

## II. 시스템 개요

먼저 하나의 고정된 감시카메라에서 촬영된 여러 장의 순차적인 영상들에서 사람들을 구분해 낼 수 있으며 영상 분석에 의하여 각각의 사람들의 행동을 인식하여 응급상황을 탐지할 수 있다. 그림 1은 제안된 시스템의 개요를 나타낸다. 먼저, 제안된 시스템에서는 카메라에서 얻어진 영상들을 배경분리 작업을 거쳐 인간으로 가정되는 영역을 검출하는 인간영역 검출과정을 거친다. 이후 배경모델을 갱신해 가면서 인간영역이라 생각되는 관심영역을 지속적으로 추적해 가면서 인간의 이동경로를 추적한다. 그리고 각각의 객체로 인식된 인간추적의 결과영역을 바탕으로 여러 장의 영상들의 결과를 종합하여 인간 행동을 모델링 한 후 행동 인식을 수행한다. 마지막

으로 행동 인식의 결과들을 지속적으로 관리, 분석하여 화면상에 있는 사람의 행동들을 추적한다. 이렇게 추적된 사람의 행동 중 응급상황을 파악하게 되면 즉시 주변에 준비된 이동로봇을 응급상황이 발생한 위치로 보내어 응급상황에 처한 사람을 연속적으로 추적하며 근접상황을 로봇에 장착된 카메라를 이용해 외부에 알리는 역할을 수행한다.

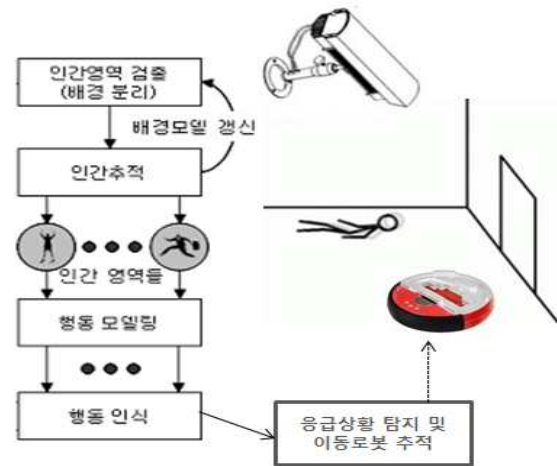


그림 1. 시스템 개요  
Fig. 1. System Overview

## III. 실시간 인간 행동 추적 및 응급상황 탐지

### 1. 인간영역 검출

실시간 인간 행동 추적이 실루엣 영상을 기본으로 하기 때문에 배경과 분리된 정확한 관심 영역을 빠르게 추출하는 배경 제거 문제는 매우 중요하다. 여러 장의 배경 영상들을 지속적으로 평균을 취해가며 관리하는 실시간 배경 평균 알고리즘, 가우시안 혼합(MOG; Mixture of Gaussian) 알고리즘 등의 배경 제거 알고리즘들이 많이 제안되었다[3]. 실시간 배경 평균 알고리즘은 다양한 배경 분포에 대처하지 못하고 MOG 알고리즘은 실시간 처리에 부적절하기 때문에 MOG 모델을 계층적 구조로 사용한다.

인간 영역을 나타내는 전경 영상을 빠르게 검출하기 위하여 입력 영상에 대해 Quad-Tree 분해 방식을 적용한다. 입력 영상을 4등분한 각각의 노드 영상에 대하여 임의의 픽셀 값을 불러들여 MOG 알고리즘을 통해 그 픽

셀 값이 전경인지 배경인지를 구분한다. 그 픽셀 값이 배경으로 결정되면 다른 노드들의 픽셀 값이 검토된다. 그렇지 않고 그 픽셀 값이 전경으로 결정된다면 그 노드는 다시 4등분 되어 위와 같은 과정이 반복된다. 그림 2는 본 논문에서 사용한 감시카메라 입력 영상에 대해 검출된 영역의 영상을 보여준다.



그림 2. 입력 영상과 검출된 영역 영상  
Fig. 2. Input Image and Detected Blob Image

한 영상에서 전경으로 구분된 픽셀 값들은 CCA (Connected Component Analysis)를 통해 연결된 점들끼리 하나의 영역을 형성하게 된다. 즉,  $t$  번째 프레임 영상에서 배경 분리과정을 통해 검출된 인간영역들의 집합  $P_t$ 를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_t = \{B_t^i \mid i \text{는 정수}, 1 \leq i \leq n\} \quad (1)$$

여기에서  $n$ 은 검출된 인간 영역의 총 개수이며  $n = |P_t|$ 이다. 또한  $B_t^i$ 는  $t$  번째 프레임 영상에서 검출된  $i$  번째 영역을 구성하는 연결된 픽셀들의 집합이다. 조명이나 그림자를 비롯한 영상의 잡음은 분할된 영역을 구할 때 이미 제거되었다고 가정하기 때문에 분할된 영역은 인간 영역을 나타낸다.

## 2. 인간영역 추적

순차적인 영상 프레임들에서 이전 프레임에 있는 각각의 영역들과 현재 프레임의 영역들의 동질성을 비교하여야 각 영역들이 의미하는 사람들을 구분하고 추적할 수 있게 된다. 이를 위해  $P_t$ 에 있는 모든 영역들과  $P_{t-1}$

에 있는 모든 영역들 간의 유사도를 계산한다. 영역들 간의 유사도는 서로 간의 차이(difference)의 역으로 구별할 수 있다. 이러한 차이를 결정하는 요소로 영역의 크기, 영역 중심 간의 거리, 색상 등을 사용한다. 본 논문에서는 영역들간의 차이  $D(B_t^i, B_{t-1}^j)$ 는 이 세 요소의 가중치 합으로 결정된다.

$$D(B_t^i, B_{t-1}^j) = \sum_{i=1}^3 \alpha_i D_i(B_t^i, B_{t-1}^j) \quad (2)$$

여기에서  $D_1$ 은 정규화된 영역의 크기 차이이며,  $D_2$ 는 영역의 무게중심간의 정규화된 거리를 나타내며,  $D_3$ 는 색조(hue) 히스토그램의 정규화된 거리를 나타낸다.  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 는 각 요소의 가중치 값으로 각각 0에서 1사이의 실수 값을 가지며 다음 조건을 만족한다.

$$\sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1 \quad (3)$$

영역들간의 차이  $D(B_t^i, B_{t-1}^j)$ 가 클수록 두 영역은 관련이 적고,  $t$  번째 프레임의  $i$  번째 영역  $B_t^i$ 와  $t-1$  번째 프레임의  $j$  번째 영역  $B_{t-1}^j$ 는 서로 다른 사람이라는 것을 알 수 있다. 연속된 이웃 프레임 영상의 영역 변화를 감지하기 위해서 우선 이전 프레임과 현재 프레임의 영역들간의 상응관계 행렬을 정의한다. 이 행렬은 영역들간의 차이에 의해 다음과 같이 계산된다.

$$M[i, j] = \begin{cases} 1 & \text{if } D(B_t^i, B_{t-1}^j) \leq \delta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

여기에서  $\delta$ 는 유사도를 평가하는 특정 상수 값이고, 위 행렬에서  $M[i, j]$ 는  $t-1$  번째 프레임의  $i$  번째 영역과  $t$  번째 프레임의  $j$  번째 영역의 상응관계를 나타낸다. 행렬의 원소 값이 1인 경우에는 두 영역간의 관계가 있다는 것을 의미한다. 이런 상응관계 행렬이 구해지면 각 영역의 등장, 퇴장, 지속, 병합, 분리 상태를 구분해 낼 수 있다.

$$(\sum_{i=1}^{|P_{t-1}|} M[i, k] = 0) \Rightarrow B_t^k \text{ 등장} \quad (5)$$

$$(\sum_{j=1}^{|P_t|} M[k, j] = 0) \Rightarrow B_{t-1}^k \text{ 퇴장} \quad (6)$$

$$\begin{aligned}
 & (\sum_{i=1}^{|P_t-1|} M[i,l] = 1 \wedge \sum_{j=1}^{|P_t|} M[k,j] = 1 \wedge M[k,l] = 1) \\
 & \Rightarrow B_t^l \text{은 } B_{t-1}^k \text{의 지속}
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

$$(\sum_{i=1}^{|P_t-1|} M[i,k] > 1) \Rightarrow B_t^k \text{는 } \{B_{t-1}^i | M[i,k] = 1\} \text{의 병합}
 \tag{8}$$

$$(\sum_{j=1}^{|P_t|} M[k,j] > 1) \Rightarrow B_t^k \text{가 } \{B_t^j | M[k,j] = 1\} \text{로 분리}
 \tag{9}$$

식 (5)는 새로운 영역이 등장하는 것을 판별하는 식이며, 식 (6)은 기존의 영역이 퇴장하는 것을 판별하는 식이다. 식 (7)은 지속 상태를 판별하는 식이며, 식 (8)과 식 (9)는 각각 영역의 병합과 분리를 판별하는 식이다. 식 (5)에 의해 새로운 영역이 등장하는 경우에는 새로운 사람이 등장한 다는 것을 가정하고 화면상에 등장하지 않고 있는 기존의 외관 모델들을 검색하여 검색이 되지 않는 경우에는 영역의 크기, 중심 위치, 색상 정보를 바탕으로 한 사람의 외관 모델을 신규로 생성하여 외관 모델 목록에 저장한다.

### 3. 행동 모델링

한 장의 영상을 사용하여 자세를 인식하는 과정과는 대조적으로 행동 인식을 위해서는 여러 장의 순차적인 영상들이 필요하다. 일련의 순차적인 영상들이 주어지면 행동을 모델링하기 위하여 모션 누적 영상(MHI; Motion History Image)[4]을 사용하였다. MHI는 시공간적 움직임 정보를 하나의 2D 영상에 압축하여 나타낼 수 있다. MHI는 빠른 속도와 짧은 움직임 잘 표현하는 것으로 알려져 있다. MHI의 공간적인 정보는 실루엣 영상[5, 6]으로 모델링한다.

$$MHI_{\delta}^t(x,y) = \begin{cases} t/\delta & \text{if } \Psi(I^t(x,y)) \neq 0 \\ MHI_{\delta}^{t-1}(x,y) & \text{otherwise} \end{cases}
 \tag{10}$$

여기에서  $\delta$ 는 압축에 사용된 영상들의 수를 나타내며,  $I^t(x,y)$ 는 현재 프레임의 영상이며  $\Psi(I^t(x,y))$ 는 검출된 영역인가를 나타내는 이진 함수이다. 여러 사람을 인식하기 위하여 이전의 추적 결과를 사용하여 각각의 사람에 대한 MHI를 유지한다. 각각의 MHI 영상이 구해지

면 모션 정보가 있는 부분의 정사각형 영역을 추출하여 특징벡터로 사용한다. 본 연구에서 사용한 MHI 예들이 그림 3과 같다. 왼쪽부터 걷기, 달리기, 앉기, 일어서기, 넘어지기에 대한 MHI 영상을 보여준다.

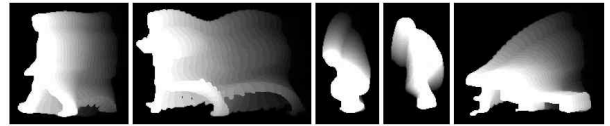


그림 3. MHI 샘플들  
Fig. 3. HMI Samples

### 4. 행동 인식 및 응급상황 탐지

인간의 행동은 사람마다 조금씩은 다르기 때문에 행동 모델링의 결과를 정형화하여 인식에 사용하는 것은 쉽지 않다. 본 논문에서는 가장 단순한 형태의 신경망 인식기인 MLP(Multi-layer Perceptron)를 사용하였다. 본 논문에서 사용한 신경망은 3개의 레이어로 구성되며 입력 레이어는 258개의 노드를 사용하였으며, 중간 레이어는 20개 노드, 출력 레이어는 5개의 노드를 사용하였다. 출력 레이어의 각각은 걷기, 뛰기, 앉기, 일어서기, 넘어지기의 5개의 동작 상태를 나타낸다.

각각의 행동인식은 영역이 생성단계를 거쳐 지속단계로 있으면서 일정시간이 지난 후에 수행되며, 퇴장, 병합, 분리 상태에서는 수행되지 않는다. 행동인식의 수행 조건이 만족되면 지속적으로 수행되며 각각의 행동에 대해 특정 행동 비율이 일정기간 나오면 그 행동으로 판단하게 된다.

## IV. 이동로봇을 이용한 추적기술

본 논문에서는 응급상황이 탐지된 후 이동로봇을 이용해 응급상황 발생 지점으로 보내기 위해 감시카메라에서 입력된 영상을 이용한 칼라기반 이동로봇 추적기술을 사용한다. 제안된 추적기술은 먼저 로봇의 색상을 미리 등록해 두고 이를 기준으로 입력된 영상에서 Normalized RGB칼라 필터링과 미디언 필터를 이용한 노이즈 제거 후 조명변화에 강인한 이진영상을 획득한다. 이후 영역 분할(Image Segmentation)을 통해 크기순으로 임의의 개수만큼 로봇 영역후보군을 선택한다[7]. 마지막으로 로봇 형상인식을 통해 최종 로봇 위치를 검출해 낸다. 그림 4는 이동로봇 추적기술의 다이어그램을 보여준다.

감시카메라 좌표계에서 검출된 이동로봇의 위치와 응급상황에 처한 사람의 위치는 다시 감시카메라의 설치위치와 응시방향을 기준으로 좌표계 변환을 통해 2차원 절대좌표계로 변환된다. 이후 계산된 이동로봇의 위치와 사람의 위치를 이용해 로봇을 응급상황에 처한 사람에게 자율적으로 이동시키게 된다.

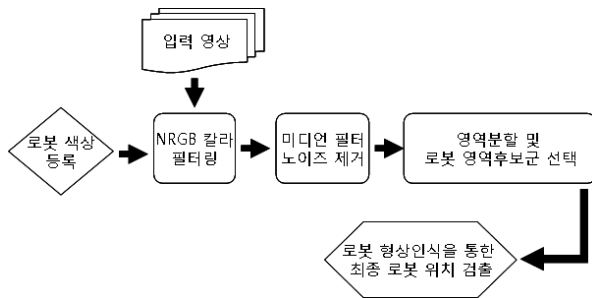


그림 4. 이동로봇 추적 다이어그램  
Fig. 4. Mobile Robot Tracking Diagram

### V. 실험 및 결과

본 논문에서는 4명의 사람에게 걷기, 달리기, 앉기, 서기, 넘어지기의 5개 동작을 각각 10번씩 수행하게 하고 MHI 영상을 구하여 MLP의 입력으로 하여 출력결과를 산출하였다. 학습에 사용된 영상과 실험에 사용된 영상의 샘플은 그림 5와 같다.



그림 5. 학습 및 실험에 사용된 영상들  
Fig. 5. Images for Learning and Experiment

행동 인식 실험결과는 표1과 같이 전체적인 인식률

90.9%가 나왔으며, 이 행동 인식 결과 중 응급상황 탐지에 사용되는 앉기와 넘어지기의 경우 인식률이 평균 98.6%로 매우 정확하게 응급상황을 탐지할 수 있는 것으로 나타났다. 응급상황은 이들 앉기와 넘어지기를 연속적으로 반복하는 경우를 정해진 시간 내에 누적하여 최종 판단하게 된다.

표 1. 행동 인식 및 응급상황 탐지 실험결과  
Table 1. Experimental Results of Action Recognition and Emergency Detection

인식결과	걷기	달리기	앉기	서기	넘어지기	인식률(%)
P1	10	9	10	10	10	98.0
P2	7	10	10	8	10	90.0
P3	4	10	10	10	10	88.0
P4	9	10	10	3	10	84.0
인식률 (%)	82.9	98.6	97.1	75.7	100.0	90.9
응급상황	정상	정상	응급	정상	응급	98.6

본 실험에서는 이동로봇으로 유진로봇의 X-Bot을 사용하였다. 이 로봇은 동사의 청소로봇을 변경하여 연구용으로 출시된 로봇으로 총 14개의 센서와 두 개의 모터 그리고 엔코더를 내장하고 있다[8]. 로봇의 제어와 응급상황 근접촬영을 위해 웹 카메라가 탑재된 노트북 컴퓨터를 로봇 위에 장착하였다. 그림 6은 실험에 사용된 이동로봇 X-Bot의 외형과 내부 하드웨어 구조를 보여준다.

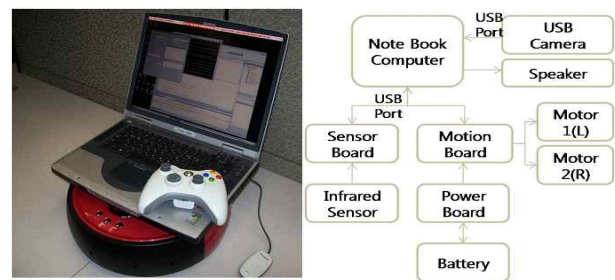


그림 6. 이동로봇 X-Bot과 그 하드웨어 구조  
Fig. 6. Mobile Robot X-Bot and Its H/W Structure

그림 7에서와 같이 감시카메라에서 검출된 이동로봇과 사람의 위치를 이용해 이동로봇이 사람을 쫓아가게 하는 실험을 성공적으로 수행하였으며, 이를 통해 제안된 이동로봇 추적기술의 성능을 검증하였다.





그림 7. 이동로봇과 사람 추적을 통한 따라가기 실험  
Fig. 7. Experiment of Human following using Mobile Robot and Human Tracking

## VI. 결 론

본 논문에서는 감시카메라로부터 온 영상을 기반으로 하여 인간을 추적하고 인간 행동을 인식하여 응급 상황을 탐지하고 이동 로봇을 이용한 추적을 통해 적절한 서비스를 제공할 수 있는 지능형 감시 시스템을 제안하였다.

건물 곳곳에 설치된 카메라로부터 입력 영상이 들어 오면 한 영상에서 가우시안 혼합 모델을 이용하여 배경과 분리된 관심 영역들을 추출하고, 각 영역들을 영역의 크기, 색상 등의 외관 모델을 이용하여 지속적으로 추적한다. 그리고 추적된 영역들의 실루엣 정보들을 시간에 따라 누적해 감으로써 MHI를 생성하여 인간 행동을 모델링 하였고, 이를 신경망에 입력하여 응급 상황에 있을 행동인지를 구분하였다. 본 논문에서는 걷기, 서기, 앉기, 달리기, 넘어지기의 5가지 행동에 대하여 행동인식을 수행하였으며, 이중 앉기와 넘어지기로 인식되는 행동이 있을 경우 응급 상황으로 판단하였다.

또한 응급상황이 발생한 경우 이동로봇이 응급상황이 발생한 장소로 이동하여 사람과 이동로봇의 거리를 판단하여 사람을 추적하는 기술을 개발하였다.

본 논문에서 개발된 시스템은 감시카메라 영상 기반의 보안시스템과 이동로봇의 추적기술을 결합한 새로운 감시 시스템으로서 의의가 있다. 본 시스템은 독거 노인인의 주거생활 감시, 침입 탐지 보안 시스템 등에 활용될 수 있다.

향후에는 응급 상황에 대처하기 위해서 단순한 행동이 아닌 종합적인 판단이 필요한 행동들을 분류하고 인식을 수행할 것이며, SVM(Support Vector Machine)이나 HMM(Hidden Markov Model)을 이용하여 행동인식의 성능을 향상시킬 것이다. 또한 다수 카메라로부터 온

영상들을 이용하여 로봇과 사람의 정확한 위치를 추정하는 기술을 연구할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] C. Schlegel, J. Illmann, H. Jaberg, M. Schuster, and R. Worz., "Vision based person tracking with a mobile robot". In Ninth British Machine Vision Conference, BMVC '98, Southampton, pp. 418-427, 1998
- [2] J. K. Aggarwal and Q. Cai, "Human Motion Analysis: A Review", Computer Vision and Image Understanding: CVIU, vol. 73, no. 3, pp. 428-440, 1999
- [3] J. Park, A. Tabb, and A. C. Kak, "Hierarchical Data Structure for Real-Time Background Subtraction.", IEEE International Conference on Image Processing, 2006
- [4] A. Bobick and J. Davis, "The recognition of human movement using temporal templates.", IEEE Transactions on Pattern Analysis And Machine Intelligence, vol. 23, no. 3, pp. 257-267, 2001
- [5] A. Yilmaz, O. Javed, and M. Shah, "Object Tracking: A Survey", ACM Computing Surveys, vol. 38, no. 4, Dec, 2006
- [6] Y. Huang and Irfan Essa, "Tracking Multiple Objects Through Occlusions", CVPR 2005
- [7] Skin Color Segmentation Using Coarse-to-Fine Region on Normalized RGB Chromaticity Diagram for Face Detection, Aryuanto SOETEDJO and Koichi YAMADA, IEICE Transactions on Information and Systems, 2008
- [8] <http://www.yujinrobot.com>, YujinRobot Homepage

저자 소개

한 태 우(정회원)



- 1996. KAIST 전산학과 학사
- 1998. KAIST 전산학과 석사
- 2005. KAIST 전자전산학과 박사
- 2005~2007. KAIST 정보전자연구소
- 2007~현재 우송대학교 게임멀티미디어학과 전임강사

<주관심분야: 컴퓨터비전, 혼합현실감, 게임제작, 멀티미디어, 디지털콘텐츠, 엔터테인먼트로봇>

서 용 호(정회원)



- 1999. KAIST 전산학 학사
- 2001. KAIST 전자전산학 석사
- 2007. KAIST 전자전산학 박사
- 2007. 미국 MS로보틱스그룹 인턴연구원
- 2008. 미국 쉐콤 과장
- 2009~현재 남서울대학교 컴퓨터학과

전임강사

<주관심분야: 지능로봇, 휴머노이드, 유비쿼터스 컴퓨팅, 임베디드시스템>