

# 영상처리와 센서융합을 활용한 지능형 6족 이동 로봇

## Intelligent Hexapod Mobile Robot using Image Processing and Sensor Fusion

이 상 무, 김 상 훈\*  
(Sangmu Lee and Sanghoon Kim)

**Abstract** : A intelligent mobile hexapod robot with various types of sensors and wireless camera is introduced. We show this mobile robot can detect objects well by combining the results of active sensors and image processing algorithm. First, to detect objects, active sensors such as infrared rays sensors and supersonic waves sensors are employed together and calculates the distance in real time between the object and the robot using sensor's output. The difference between the measured value and calculated value is less than 5%. This paper suggests effective visual detecting system for moving objects with specified color and motion information. The proposed method includes the object extraction and definition process which uses color transformation and AWUPC computation to decide the existence of moving object. We add weighing values to each results from sensors and the camera. Final results are combined to only one value which represents the probability of an object in the limited distance. Sensor fusion technique improves the detection rate at least 7% higher than the technique using individual sensor.

**Keywords** : hexapod robot, multi-sensor fusion, object detection, color transform, moving color

### I 서론

최근 유비쿼터스 네트워크 기술의 발달과 그 응용제품의 개척은 군사목적, 공공부문뿐 아니라 사무실/가정 등에서도 다양한 편리성을 제공하고 있다[1]. 한편 이러한 네트워크 환경에서 필요한 정보 수집을 효율적으로 하기 위해서는 유비쿼터스 환경에서의 센서노드(sensor node)와 같은 역할을 하는 주체가 필요하며, 이를 로봇의 관점에서 보면 네트워크 능력 이외에도 국부적인 환경에서 많은 정보를 우선 확보할 수 있는 다양한 센서 제어능력과 이동능력을 갖춘 이동 로봇 기술이 필요하다. 특히 비전기반의 이동로봇시스템 (vision based mobile robot system)은 이동능력을 갖추고 동시에 능동센서와 카메라 영상처리 기능을 융합하여 많은 유용한 정보를 확보할 수 있고, 작업 환경에서의 물체 탐지 확률을 향상시킨다.

이러한 연구결과는 방위산업분야에서의 위험지역 및 탐사지역에서의 무인 물체 추적 시스템 등에 적극 활용될 수 있으며 이외에도 지능형 교통정보 시스템 (ITS: Intelligence Transport System), 가정용/사무용 네트워크 제어 하에서의 지능형 서비스로봇 등의 핵심 기술로써 갈수록 그 중요성이 증대되고 있는 실정이다[1,2].

본 논문에서는 초음파 및 적외선 센서와 온도, 연기, 불꽃센서, 무선 카메라 등을 장착하고, 속도는 느리지만 장애물 회피 및 지형극복성에서 유리한 6족형태의 로봇을 본 연구의 하드웨어 기반으로 제작하였다. 초음파 센서 제어부의 초음파 발생 신호의 귀환시간과 거리와의 관계, 적외선 센서에서 측정된 아날로그신호와 거리와의 관계를 추출하

여 전방에 있는 물체와의 거리를 예측하며 영상데이터의 특징을 추출한 결과와 비교하여 물체의 존재 여부와 2차원적인 위치를 계산한다. 또한 온도, 연기, 불꽃 센서 등을 추가로 장착하고 성능을 실험하여 주행 중 만날 수 있는 위험상황(화재 등)이나 객체(자동차, 사람, 일반 장애물)를 지능적으로 파악할 수 있도록 복수의 센서 결과를 복합적으로 판단하는 방법을 제시하였다.

카메라를 이용한 영상처리 알고리즘은 물체의 크기변화와 2차원적인 위치를 정확히 추출함으로써 이동하는 로봇의 전진 및 회전등의 움직임을 역으로 제어하는데도 사용된다. 물체의 섬세한 검출과 추적을 위해서는 영상 내 물체에 대한 사전정보(고유색상)와 움직임 정보를 활용하여 이동 물체에 대한 후보 그룹을 추출하고 영상 분할 방법의 의해 대상 물체영역을 정의하며 최종적으로 배경이 변하는 환경에서의 물체에 대한 추적 방법을 제공한다. 본 논문에서 다루는 물체는 특정 색상분포를 갖고 형상의 변형이 가능한 물체를 포함한다.

본 연구는 센서융합을 활용한 정보가 최종 검출에 얼마나 기여하는지를 보여주며, 대상 물체검출을 위해서는 영상처리 방법에 절대적으로 의존하여 내용이 기술되었다.

본 논문의 구성은 II 장에서 6족 이동 로봇 시스템의 전체 구성, 기구설계과정, 물체 검출을 위한 전체 흐름 등을 기술하고, III 장에서는 능동 센서들의 역할과 성능, IV 장에서는 카메라 영상처리를 이용한 알고리즘에 대해 기술하며 V 장에서는 센서 융합 기술의 방법에 대해, VI 장에서는 실험결과를 설명한다.

### II. 6족 이동 로봇의 제작 및 보행

#### 1. 이동로봇의 구조

본 연구에서는 센서융합의 효과를 실제 상황에서 확인하

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2009. 1. 30, 채택확정 : 2009. 2. 25.

이상무 : 국립한경대학교 정보제어공학과(youngagelove@naver.com)

김상훈 : 국립한경대학교 정보제어공학과, 국립한경대학교 전자기술연구소(kimsh@hknu.ac.kr)

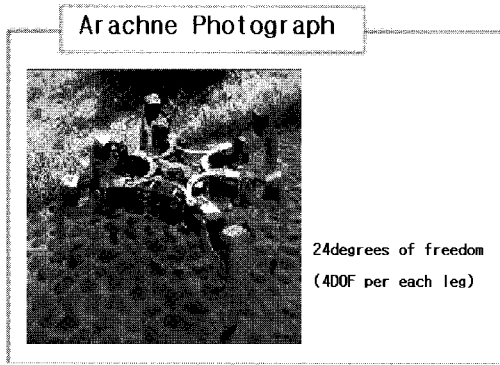


그림 1. 6족 이동 로봇의 외부구조.  
Fig. 1. The exterior structure of hexapod robot.

고, 추후 평탄하지 않은 실내 환경에서도 적용이 가능하도록 하기 위하여, 지형극복성에서 유리한 6족 형태의 이동 로봇 하드웨어를 제작하였다. 주행 중 만나는 장애물 또는 특정 물체와의 거리를 초음파 센서와 적외선 센서의 결과 값으로부터 유도하여 근접 시 실시간으로 거리와 상대적인 방향을 측정한다. 측정된 거리와 방향 값을 이용해 좌우 방향전환, 전진, 후진 등을 판단하며 이러한 제어신호는 이동체에 프로그램으로 내장되며, 이외에도 Zigbee 통신을 이용하여 원격지에서도 이동체의 이동 방향을 제어할 수 있도록 통신 모듈이 설계되었다.

본 논문에서 제작된 이동로봇의 외부구조를 그림 1에서 보여주며 6족 이동 로봇의 골격과 메커니즘을 요약하면 그림 2와 같다.

2. 이동로봇의 보행능력

본 논문에서는 이동로봇의 보행에 필요한 다리가 움직일 때 움직임이 필요 없는 다리 또한 움직임에 맞춰 조금씩 모터 값을 변경하여 보행시 균형을 유지하도록 해준다. 우선 보행의 기본인 전진 보행에 있어서 기본 원리는 그림 3에 표현하였다. 각 축의 모든 모터는 주기적인 펄스의 제어에 의해 동작을 수행하며 모든 보행은 일정한 걸음걸이로 이루어고, 후진보행도 같은 방법으로 이루어진다.

이밖에도 좌우 회전, 대각선 보행, 비틀기, 움츠리기, 몸 세우기, 계걸음, 스트레칭, 낮은 보행, 손들기 등 다양한 보

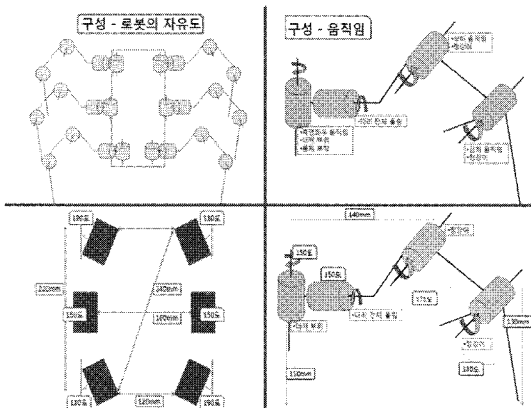


그림 2. 6족 이동 로봇의 메커니즘.  
Fig. 2. The mechanism of hexapod robot.

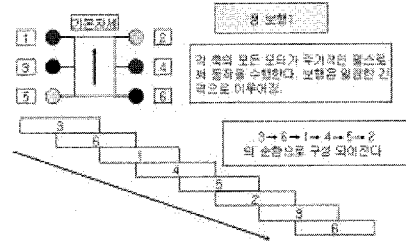


그림 3. 전진 보행 순서도 및 타이밍도.  
Fig. 3. The sequence of forward walking.

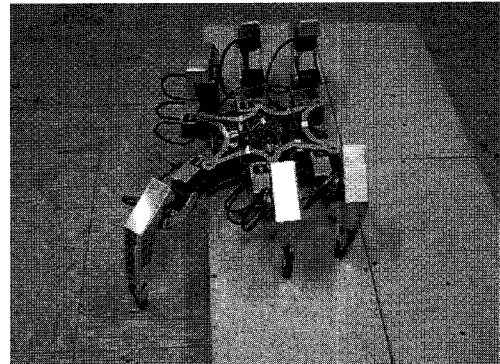


그림 4. 계단 보행의 실제 실험.  
Fig. 4. The experiment for step walking.

행능력과 동작을 구현하였다.

III. 능동센서에 의한 객체 파악

1. 주요센서 - 초음파 센서

본 연구에서는 3m 이내의 근거리 내에서 물체의 유무를 탐지하고 거리를 계산하기 위한 방법으로 초음파 센서와 적외선 센서를 함께 사용한다. 초음파 센서는 상대적으로 먼 거리의 물체 출현을 먼저 탐지하기 위한 신호로 활용하며, 적외선 센서는 80cm 이내의 근거리에서 물체 여부를 판단한다. 두 센서에 의한 결과 신호의 융합은 1차적으로 높은 물체 탐지 확률을 제공한다[3]. 본 연구에서 사용된 SRF04 초음파 센서 모듈은 크기가 작으면서도, 최소 3cm에서 최대 3m까지 물체검출이 가능하고 검출반경(지향각)도 넓은 편이어서 로봇의 구성에도 유리하다. 검출반경은 상, 하, 좌, 우로 22.5°의 지향 각을 갖고 있으며 정면물체에 대하여 검출감도가 가장 우수하다.

초음파 센서가 실제로 추출할 수 있는 물체와의 유효거리는 10~300cm 범위이며 제어부의 인터럽트를 이용하여 초음파의 귀환시간을 측정하고 그에 따른 거리와의 관계를 데이터화하여 VI장의 실험에 제시하였으며 식 (1)과 같은 선형적인 관계식을 유도하였다.

$$distance = \frac{t_{return} * 3.34}{200} \quad (1)$$

여기서 distance는 이동 로봇과 가장 가까운 거리에서 감지된 물체와의 거리이며,  $t_{return}$ 은 초음파 신호의 귀환시간이다(단위는  $\mu sec$ 임).

이 관계식에서 시간과 거리는 제한된 범위 내에서 선형적인 관계를 유지하며, 거리의 유효 범위는 10~300cm이며 귀환시간은 600~18,000 $\mu$ sec의 범위를 갖는다. 여기서 출력되는 거리 값을 1m단위로 구분하여 표시하고 센서융합을 위한 물체의 1차 검출 신호로 이용한다. 한편 사용한 초음파센서의 온도에 따른 공기 중의 전파속도는  $V[m/s] = 331.5 + 0.6T$  ( $T$  = 온도) 이며 소요시간에 따른 측정물체까지의 거리는  $H[m] = v[m/s] * t/2$  ( $t$  = 소요시간)의 관계식을 성능으로 갖는다.

2. 주요센서 - 적외선 센서

가시광선에 이어지는 파장범위가 0.75 $\mu$ m에서 1mm 정도인 전자기파를 적외선이라고 하며 적외선 센서는 일정 주파수의 빛을 발산하는 발광부와 발광부에서 발산하는 빛을 받아들이는 수광부로 이루어져 있다. 발광부에서 발생된 적외선은 물체에 부딪혀 반사되고, 수광부에서는 반사된 빛을 감지하여 물체의 유무 또는, 물체까지의 거리를 계산할 수 있다. 본 연구에서 사용된 적외선 센서(GP2d12)는 10cm~80cm의 거리 이내에서 물체의 위치를 측정할 수 있다.

적외선 센서를 이용한 거리 추측은 초음파 센서보다 더 가까운 거리를 대상으로 하며, 좀더 세밀한 계산을 위하여 실질적으로 사용할 검출데이터는 10~50cm로 제한하고 센서와 거리의 관계를 유도하기 위해 제어부에서 측정된 적외선 센서의 신호변환 값과 그에 따른 거리 관계를 추출한다. 측정된 적외선 센서의 신호변환 값은 거리와 반비례하는 관계를 갖으며 정확한 물체와의 거리 관계를 계산하기 위해 거리 데이터와 센서 출력 값과의 관계를 IV장 실험에서 보여준다.

3. 다양한 센서의 융합 및 결과 활용

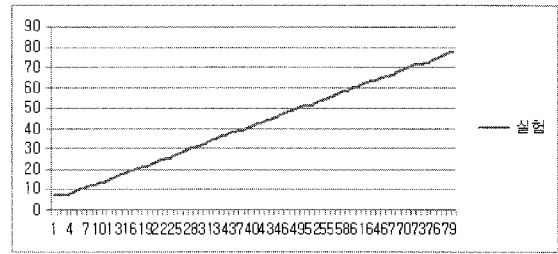
본 연구에서 사용한 6축 로봇은 표 1에서 보는 것과 같이 적외선, 초음파, 조도, 온도, 3축 가속도, 불꽃, 연기, PIR, 터치 센서 등 총 9가지의 센서로 구성하였으며 각 센서들은 각각의 독자적인 역할과 2-3가지가 연동되어 주변 환경이나 인접한 대상을 파악할 수 있는 능력으로 활용할 수 있도록 문법화 하였다.

그림 5는 본 연구에 사용된 주요센서들의 거리, 시간과 센서결과간의 관계그래프들을 보여준다.

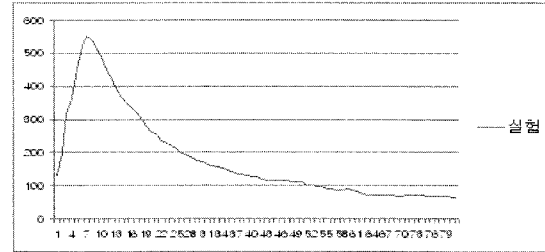
표 1. 각 센서들의 활용.

Table 1. The application of each sensor.

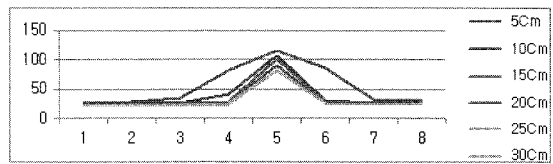
적외선, 초음파 센서	자율 보행시 물체와 거리를 인지하여 회피
조도센서, 온도 센서	주변 환경의 빛의 밝기와 온도변화를 감지
3축 가속도 센서	로봇 스스로 변화하는 기울어짐에 보정
불꽃, 연기 센서	화재 또는 연기의 위험한 상황을 감지
PIR 센서	인체에서 발생하는 적외선을 감지
터치 센서	곤충의 습성을 본 따 터치를 하면 동작
조도, PIR, 불꽃, 연기	어두운 곳에서 인체를 감지 = 방범모드
온도 센서	온도의 변화를 찾아 따라 움직임
PIR, 온도, 카메라	살아있는 생명체를 추적, 거리에 따른 제어



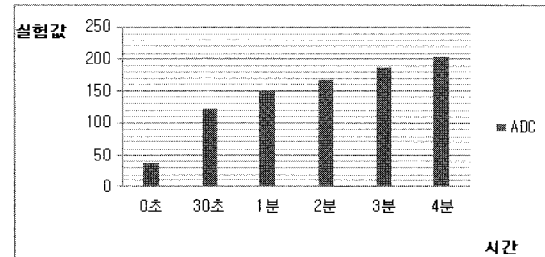
(a) (SFR04)초음파 센서 실험



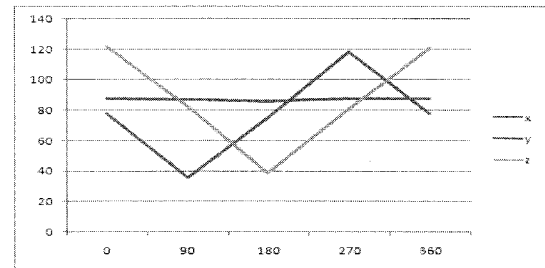
(b) (GP2D12)적외선 센서 실험



(c) (TPA81)8픽셀 온도 센서



(d) (GSAP61)연기 센서 양초 대상 실험



(e) (AM-3AXIS)3축 가속도 센서 대상 실험

그림 5. 주요센서들의 거리, 시간과 센서결과간의 관계.

Fig. 5. The relation between the sensors output and the time, distance.

IV. 카메라에 의한 물체영역 검출

1. 물체의 움직임 색상 정보 추출

영상에서 특정 물체를 검출하기 위한 특징 중 하나는 그 영역이 갖는 고유한 색상정보이다. 그러나 영상내의 시각적인 정보는 빛의 함수이고 다양한 환경이 주는 빛 세기의 변화는 고유 색상 정보를 이용하여 특정 영역을 정의하는

데 여전히 어려움이 많다. 다양한 색상정규화 방법[4,6]등의 시도가 있었지만 아직 극복해야 할 문제가 많다. 본 논문에서는 이동 물체의 중요한 정보중의 하나인 프레임간 움직임 정보를 활용한다. 즉 관심 물체 영역의 대부분이 움직임과 특정 화소 분포를 동시에 가지고 있다는 점을 이용한다.

객체의 움직임 정보를 찾아내기 위해 UPC (Unmatched Pixel Count) 움직임 검출 측정법이 이용되었다. UPC는 블록단위의 간단한 연산형태를 갖는다[5]. 본 논문에서 제안하는 AWUPC (Adaptive Weighted Unmatched Pixel Count) 연산은 식 (2)와 같이 정의되며  $Z(x,y,t)$ 는 색상 변환된 결과 영상이고  $U(i,j,t)$ 는 UPC 움직임 검출결과이다. AWUPC 연산은 색상변환 된 영역 안에서 움직임이 있는 성분을 강조하는 결과를 보여준다.

$$AWUPC(x,y,t) = Z(x,y,t) * \sum_{i=x-M}^{i=x+M} \sum_{j=y-N}^{j=y+N} U(i,j,t) \quad (2)$$

where

$$U(i,j,t) = \begin{cases} 1, & \text{if } |Z(i,j,t) - Z(i,j,t-1)| \geq T_h \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

한편 (3)에서의 임계값은 입력 색상영상의 목표물 색상 유사도 값의 변화에 따라 결정될 수 있도록 sigmoid 함수[7]를 사용하였으며 식 (4)와 같은 관계로 나타낸다.

$$T_h = \frac{255}{1 + \exp\left(\frac{Z(x,y,t) - 255}{Q}\right)} \quad (4)$$

여기서  $Z(x,y,t)$ 는 시간 t에서의 입력 화소 값이며, Q는 sigmoid함수의 곡선의 기울기를 결정하는 계수이다. 변화하는 임계값을 사용하는 이유는 다음과 같다. 입력영상의 화소 값은 물체 색상의 확률을 의미한다. 그러므로 이미 높은 물체의 확률을 가지고 있는 화소는 작은 움직임도 검출하기 위해 낮은 임계값을 가질 필요가 있으며, 반대로 색상변환을 통해 물체의 확률이 낮게 나온 영역은 대체로 관심영역이 아닌 경우이므로 큰 움직임이 있는 경우에만 물체로서 검출이 되도록 높은 임계값을 사용한다.

2. 물체영역의 분할과 결정

위의 처리 과정을 통해 얻어진 대상 물체의 확률분포영상은 최종적인 영역 결정을 위해 이진화 된다. 이진 영상에는 배경이 갖는 잡음효과와 유사영역이 갖는 효과는 감소되고 추적 물체의 후보군으로 분류되는 영역만 추출된다. 그러나 물체 추출과정에서 일반적으로 다양한 영상 잡음의 효과가 남아있으므로 추출의 대상을 제한할 필요가 있다. 검출 후보영역은, 전처리 과정을 통해 얻은 영상의 이진화 영상에 대해 signature의 반복적 분석 과정을 거쳐 수행된다 [9,10]. Signature는 다음 식에 의해 계산된다.

$$S_h(i) = \sum_j^M f[i,j], \quad S_v(j) = \sum_i^N f[i,j] \quad (5)$$

위 식에서 M, N은 영상의 크기이고,  $S_h(i)$ 는 각행을 가로질러서 합산한 영상의 강도 합을 나타내고  $S_v(i)$ 는 각열을 가로질러서 합산한 영상의 강도 합을 나타낸다. 전 처

리된 이진영상의 경우, 강도 합이 1에서 양의 값으로, 양의 값에서 0으로 전이하는 점을 찾아 전이점(transition point)으로 정의한다. 이러한 전이점들은 각각 수평방향과 수직방향의 선분을 형성하며 밴드(band)라 정의한다. 밴드는 수평방향의 경우 전이점들을 수평으로 가로지르는 가상의 선분이며 수직방향의 경우 전이점들을 수직으로 가로지르는 가상의 선분이 된다. 이러한 수직, 수평의 밴드들은 영상 안에서 사각형의 부 영역들을 형성하며 이 부 영역들은 각각 추적 체를 포함하는 후보군이 된다. 분할된 부 영역들에 대해 물체를 포함하는 영역인지 아닌지를 판별한 다음 물체를 포함할 경우 단일 물체를 포함하는 것이 확인될 때까지 부 영역 안에서 반복적인 분할 과정을 통해 최종적인 분할 영역을 결정할 수 있다.

물체의 지속적인 탐색을 위해 물체 간 또는 특징점간의 대응성 문제가 해결되어야 한다. 본 논문에서는 대응성 문제 해결을 위해, 인접한 영상 프레임간의 관계에서 영상내의 물체의 위치와 속력, 물체의 이동방향은 크게 변화하지 않고, 또한 영상 프레임간의 관계에서 영상내의 물체의 에너지 준위 및 형태 정의함수(energy level)의 값은 크게 변화하지 않는다는 가정을 하였다. 또한 프레임간의 각 물체 간 형태정보를 간단히 정의한 함수를 활용하여 관련함수 총량을 가중치와 함께 고려하여 계산하고 그 결과 값이 다음 프레임에서 가장 유사한 물체를 대응물체로 정의하는 방법을 적용한다. 이러한 형태 정보함수는 매 프레임의 영상 분할된 각 물체의 후보영역에서 순차적으로 이전 프레임의 물체영역과 비교됨으로써, 그 함수량이 최소화되는 분할 영역 내 물체를 동일물체로 판단하게 된다.

로봇이 대상물체를 추적하는 과정을 설명하면 다음과 같다. 알고리즘이 탑재된 서버는 무선통신으로 로봇에 신호를 주어 로봇의 방향과 행동 등을 수행할 수 있도록 명령을 내린다. 화면의 중심에 위치하고 원하는 거리에 있을시 로봇은 해당 물체에 대해 찾았다는 결과를 전송하도록 동작하며 대상 물체가 중심보다 좌나 우로 치우쳐 있는 경우 중심에 오도록 중심으로부터 떨어진 화소수를 실제 거리로 환산한 후 계산된 로봇의 방향과 전후 이동해야 할 거리를 제어명령으로 생성하여 로봇에게 전달한다.

V. 실험 및 검토

1. 센서와 물체간의 거리 관계

초음파 측정시간은 제어부의 외부인터럽트를 사용하였으며, 거리 값에 따른 측정 시간 값은 비례적으로 증가하므로 초음파 측정 시간 값에 따른 실제거리를 그림 6과 같이 데이터화 하였으며 그 관계식을 표 3과 같이 유도해낼 수 있었다. 유효 검출범위는 10Cm ~ 300Cm로 하였으며 계산된 거리와 실제 물체와의 거리 오차는 5% 이내이다.

표 2. 초음파 측정시간과 물체간의 거리 관계.

Table 2. The relation between the supersonic waves sensors time and the distance.

초음파 측정 시간값	계산거리(distance)
599~17965	distance = (Ultra_Time * 3.34)/200

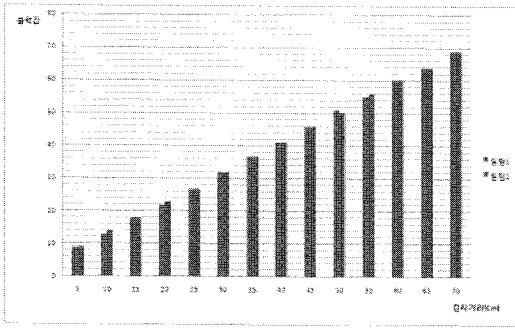


그림 6. 초음파 센서의 출력과 거리 관계.

Fig. 6. The relation between the supersonic waves sensors output and the distance.

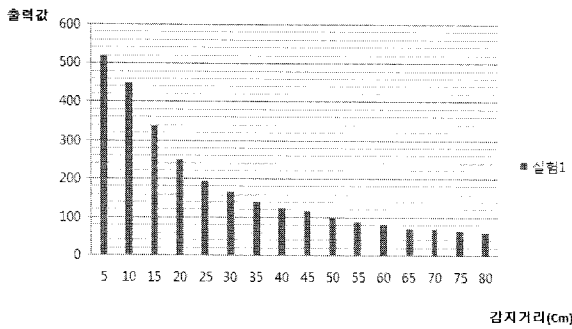


그림 7. 적외선센서 출력과 물체간의 거리관계.

Fig. 7. The relation between the infrared rays sensor output and the distance.

적외선 센서는 근접영역에서 장애물이나 물체의 존재를 파악하는데 사용된다. 적외선 센서의 위치는 이동로봇의 정면과 정면을 중심으로 좌/우로 30°간격으로 3개가 배치되었으며, 약 80Cm 이내의 검출 거리 내에 있는 물체의 유무를 판단할 수 있었다. 센서의 A/D 변환 값은 거리와 반비례하며 다소 불규칙적인 관계를 출력하였다. 값의 구간을 여러 개로 나누어서 관계식을 유도한 결과가 표 2에 표시되어 있으며, 신호와 거리 관계 그래프는 그림 6에 있다.

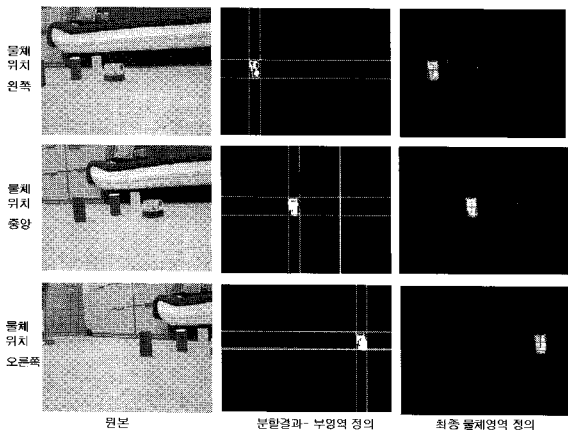


그림 8. 영상처리에 의한 특징 물체(Red box) 분할 및 검출 과정.

Fig. 8. The results of object segmentation and detection using image processing.

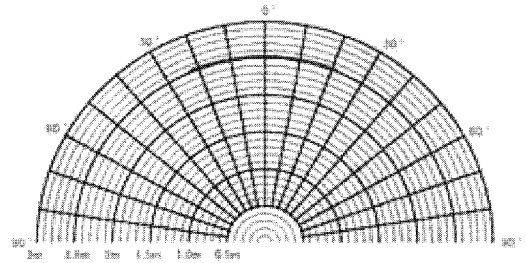


그림 9. 센서융합에 의한 최종 물체검출 지도.

Fig. 9. The object detected map by sensors fusion.

2. 움직임 색상정보와 센서정보의 융합

이동체의 영역 추출을 위한 움직임 색상 정보의 효과를 확인하기 위해 그림 8과 같이 일반적 배경과 다양한 색상의 물체를 검출의 대상으로 활용하였다. 물체에 대한 색상 정보를 특징으로 활용하기 위해 빨강, 노랑, 파란색의 제작된 물체와 추가 1개의 물체 등 총 4개의 물체를 이동로봇과 2~3m 거리사이에 배치하였다. 전방에 놓인 물체들을 중심으로 이동로봇이 오른쪽에서 30도에서 중심을 지나 왼쪽으로 30도까지 회전하도록 제어하고 그 상황에서 센서들의 거리계산결과와 영상처리 알고리즘의 검출결과에 대해 각각의 가중치를 고려한 후 합을 구하였으며 이는 물체 존재 여부를 표시하는 확률 값과 같은 의미이다.

그림 9의 최종 융합에 의한 검출 지도를 보면 4개의 물체가 로봇으로부터 제한된 거리(대략 2.5m)내에 모여 있음을 초음파 센서의 거리 계산결과부터 알 수 있으며 중심으로부터 좌우로 30도의 회전 반경 내에 있음을 확인할 수 있다. 또한 그 과정에서 카메라는 그림 8에서 나온 물체 검출 결과를 서버에 전송하여 최종 판단을 위한 제어 프로그램에 입력된다.

3. 온도센서의 거리관계

본 연구에서는 자율이동 로봇이 만나는 장애물을 좀더 지능적으로 이해하기 위한 센서로서 TPA81 온도센서를 사용하였다. 그림 10은 온도센서의 출력과 8가지 방향 픽셀방

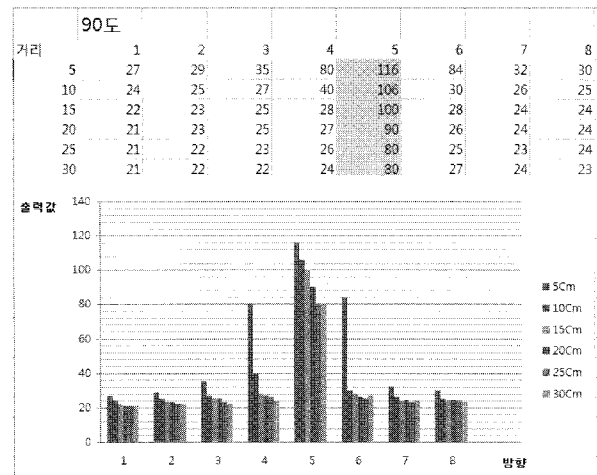


그림 10. 대상물체의 온도와 거리/온도와 방향 관계.

Fig. 10. The relation between the temperature and the distance of the target object.

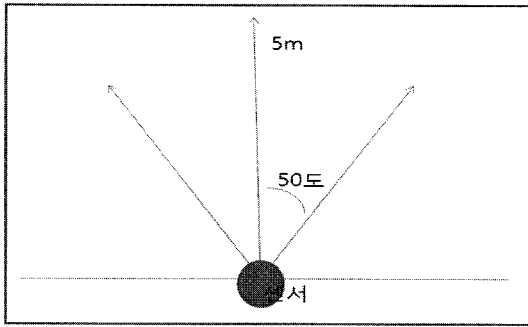


그림 11. PIR 센서와 거리/각도 관계.

Fig. 11. The limit of distance and the angle of PIR sensor.

표 3. 타깃(4개)을 파악하기 위한 복수센서들의 융합조건.

Table 3. The necessary sensors which can combine to detect target objects.

개별 센서 대상	온도	PIR	불꽃	초음파	연기
사람	O	O	X	O	X
화재	O	X	O	X	O
장애물	X	X	X	O	X
PET	O	O	X	O	X

향의 거리변화에 대한 관계그래프를 보여준다.

표 2는 각 개별 센서들의 상황에 따른 반응결과를 입력치 Th를 이용하여 ON/OFF로 판단하고 그 조합을 통해 대상물체 또는 상황의 의미 있는 목표 타겟(사람, 화재, 장애물, 경계)이 발생하는 조건을 포로 정리하였다.

4. PIR 센서와 거리관계

PIR 센서는 인체 감지 센서로서 본 연구에서는 로봇이 사람을 보다 효율적으로 감지하기 위하여 AMN24111 PIR 센서를 사용하였다. PIR 센서는 ADC 하여 결과를 판단하는데 인체를 감지하였을 시 출력은 순간적으로 값이 오르는 것을 알 수 있었다. 실험 결과는 그림 11과 같이 5m 거리에서도 인체를 감지 할 수 있음을 알 수 있다. 이를 통해 1차적으로 인체를 감지하는 센서로 사용 할 수 있다.

5. 다양한 센서 융합결과의 활용

표 3는 각 개별 센서들의 상황에 따른 반응결과를 입력치 Th를 이용하여 ON/OFF로 판단하고 그 조합을 통해 대상물체 또는 상황의 의미 있는 목표 타겟(사람, 화재, 장애물, 경계)이 발생하는 조건을 정리하였다.

6축 로봇에 장착된 PIR 센서와 8픽셀 온도센서 그리고 카메라를 통해 사람이나 동물의 위치와 거리에 대한 신호를 감지하여 일정거리에서 악수를 청하거나 공격모션을 취하도록 다양한 행동을 구현할 수 있다. 또한 불꽃센서와 연기센서에서 일정량 이상의 값이 감지될 때 로봇은 스스로 화재를 감지하여 사용자에게 SMS 문자 또 무선통신을 통한 서버 컴퓨터에 경고를 보낸다.

6. 이동 로봇의 작업제어 실험

본 논문에서 구현된 물체 탐색 및 검출 알고리즘을 6축 이동로봇에 적용하여 실제 특정 물체의 위치와 크기, 거리

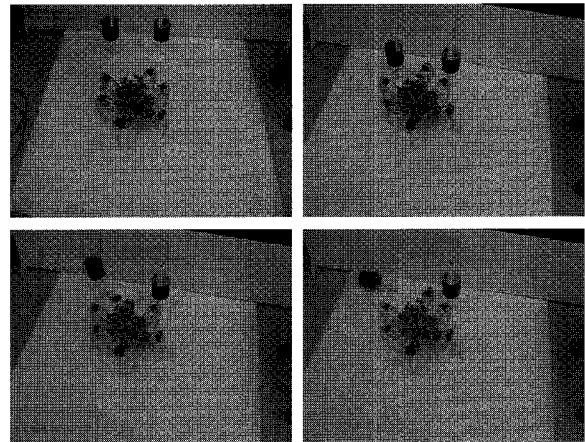


그림 12. 영상처리에 의한 로봇제어 작업과정.

Fig. 12. The sequence of robot working using image processing.

를 영상처리에 의해 파악한 후, 목표 물체까지 접근하여 근사적으로 목표물에 접촉하는 작업을 응용분야의 하나로 그림 12와 같이 실험하였다.

VI. 결론

본 논문에서는 초음파 및 적외선 센서와 무선 카메라를 장착한 소형 6축 이동 로봇의 자율 이동 및 물체 검출 방법을 제시하였다. 전방 물체의 존재 여부를 판단하기 위해, 초음파 센서는 초음파 발생 신호의 귀환시간, 적외선 센서는 감지한 적외선 아날로그신호의 양, 카메라는 영상 데이터 중 물체의 특징 등을 추출하여 그 결과를 융합함으로써 물체의 유무 또는 이동 로봇과 물체와의 거리를 판단하여 로봇의 움직임을 제어하는데 사용하였다.

초음파와 적외선 센서는 물체의 유무와 물체의 대략의 거리를 예측하는 1차 센서로 사용되었으며 초음파 센서는 3m 이내에서 적외선 센서는 80cm 이내에서 물체의 유무와 계산되는 거리를 제공하며, 계산된 거리와 실제 거리와의 오차는 5% 이내이다. 영상처리에 의해 2차의 섬세한 물체 검출을 수행하여 센서 융합에 의한 물체 검출율을 개선하였다.

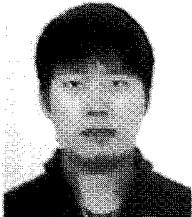
이외에도 자율이동 로봇이 환경 변화를 감지하여 관리자에게 중요한 탐지정보를 전송할 수 있도록 온도, 불꽃, 연기 센서 등 9개의 센서를 사용하여 2~3개의 복수센서가 얻어낸 정보를 통해 의미 있는 타겟을 정의할 수 있도록 상호융합에 의한 결과를 정리하였다.

영상처리방법은 물체와 배경 및 유사잡음들과의 강인한 분리를 위하여 고유색상정보와 움직임 정보 등의 사전정보를 활용하였으며, 형태의 변화가 수반되는 경우에도 유연한 대처능력을 갖도록 하기 위해 시그니처를 이용한 영역분할 방법을 통해 모든 후보영역내의 물체의 존재를 확인하고 목표 물체영역만을 검출하였다. 세 가지 센서에 의한 결과는 각각의 가중치를 추가로 계산하여 총합을 구하였으며 이는 물체의 존재 여부를 표시하는 확률과 같다.

영상 시퀀스1,2,3의 실험 영상에 대해서 센서융합의 결과 검출율을 추출한 결과, 영상처리만 이용한 경우보다 최소 7%에서 최대 17% 이상의 개선 효과가 있었다.

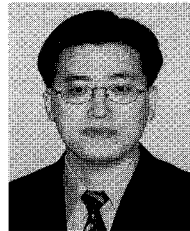
## 참고문헌

- [1] 정보통신연구진흥원, IT 차세대 성장 동력 기획부(지능형서비스로봇), 12. 2003.
- [2] E. Marchand, P. Bouthemy, F. Chaumette, and V. Moreau, Robust Real-Time Visual Tracking using a 2D-3D Model Based Approach, *Proc. of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision*, vol. 1, pp. 262-268, 1999.
- [3] 목입수, 이동 물체에서의 초음파 센서 기술, <http://www.autocontrol.co.kr/magazine>, 2006.
- [4] G. D. Finlayson, Color Normalization for Object Recognition, ATR Symposium on Face and Object Recognition, Japan, pp. 47-48, April 1998.
- [5] H. Gharaviad Mike Mills, "Blockmatching Motion Estimation Algorithm - New Results," *IEEE Trans. Circuits and System*, vol. 37, no. 5, May 1990.
- [6] J. Yang and A. Waybill, "Tracking Human Faces in Real Time," Technical Report CMU-CS-95-210, Carnegie Mellon University, 1995.
- [7] K. B. Han, J. W. Yang, and Y. S. Baek, Real Time 3D Motion Estimation using Vision System, 2002.
- [8] G. Hager and P. Belhumeur, "Real-time tracking of image regions with changes in geometry and illumination," in *Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, San Francisco, CA, pp. 403-410, 1996.
- [9] K.Sobottka and I.Patas, "Segmentation and Tracking of Faces in Color Images," *Proc. Int'l Conf. Face and Gesture Recognition*, Vermont(U.S.A), pp. 236-241, Oct. 1996.
- [10] 한규범, 백윤수, 동적유평모형을 이용한 동적 물체 추적, 대한기계학회논문집 A권 27권 5호, pp. 697-704, 2003
- [11] D. Comaniciu and P. Meer, "Mean shift: A robust approach toward feature space analysis," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. 24, no. 5, pp. 603-619, 2002.



## 이 상 무

2007년 국립환경대학교 정보제어공학과 졸업. 2007년~현재 한경대학교 정보제어공학과 석사과정(신호처리전공). 관심분야는 color image segmentation, robot vision.



## 김 상 훈

1989년~1994년 LG반도체 선임연구원. 1999년 고려대학교 전자공학과 박사. 2004년 Univ. of Maryland, College Park, visiting professor. 1999년~현재 국립환경대학교 정보제어공학과 부교수. 관심분야는 object detection and tracking,

robot vision.