

# 센서 융합을 이용한 이동 로봇의 물체 검출 방법

김 상 훈<sup>†</sup>

## 요 약

본 논문에서는 초음파 및 적외선 센서와 무선 카메라를 장착한 소형 이동 로봇의 물체 검출 방법을 제시한다. 진방 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 사용한다. 초음파와 적외선 센서는 물체의 유무와 물체의 대략의 거리를 예측하는 1차 센서로 사용되며 거리 계산결과와 실제 거리 값과의 오차는 5% 이내이다. 영상처리에 의해 2차의 섬세한 물체 검출 및 추적을 수행하여 최종적으로 센서 융합에 의한 물체 검출율을 개선하였다. 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. 세가지 센서에 의한 대상 물체 검출 결과의 합은 최종적인 검출을 결정하는데 확률적 근거로 활용되며 각 개별 센서를 사용한 경우보다 최소 7% 이상의 검출율이 개선되었다.

키워드 : 센서융합, 물체검출, 색상변환, 움직임 색상

## Object Detection Method on Vision Robot using Sensor Fusion

Kim, Sang Hoon<sup>†</sup>

## ABSTRACT

A mobile 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%. We focus on how to detect a object region well using image processing algorithm because it gives robots the ability of working for human. 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. Shape information and signature algorithm are used to segment the objects from background regardless of shape changes. 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.

Key Words : Sensor Fusion, Object Detection, Color Transform, Moving Color

### 1. 서 론

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 네트워

크 능력 이외에도 국부적인 환경에서 많은 정보를 우선 확보할 수 있는 다양한 센서제어능력과 이동능력을 갖춘 이동로봇 기술이 필요하다. 특히 비전기반의 이동로봇시스템(vision based mobile robot system)은 이동능력을 갖추고 동시에 능동센서와 카메라영상처리 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

<sup>†</sup> 정 회 원 : 한경대학교 정보 제어 공학과 부교수  
 논문접수 : 2007년 3월 18일, 심사완료 : 2007년 6월 15일

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 무선 카메라를 장착한 소형 이동 로봇의 물체 탐지방법을 제시한다. 초음파 센서 제어부의 초음파 발생 신호의 귀환시간과 거리와의 관계, 적외선 센서에서 측정된 아날로그신호와 거리와의 관계를 추출하여 전방에 있는 물체와의 거리를 예측하며 영상 데이터의 특징을 추출한 결과와 비교하여 물체의 존재 여부와 2차원적인 위치를 계산한다. 또한 물체의 크기변화와 2차원적인 위치는 이동하는 로봇의 전진 및 회전등의 움직임을 제어하는데도 사용된다. 물체의 섬세한 검출과 추적을 위해서는 영상 내 물체에 대한 사전정보(교유색상)와 움직임 정보를 활용하여 이동 물체에 대한 후보 그룹을 추출하고 영상 분할 방법에 의해 대상 물체영역을 정의하며 최종적으로 배경이 변하는 환경에서의 이동물체에 대한 추적 방법을 제공한다. 본 논문에서 다루는 이동물체는 특정 색상 분포를 갖고 형상의 변형이 가능한 물체를 포함한다.

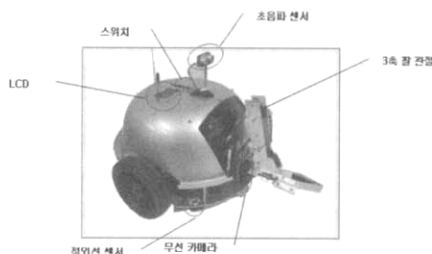
본 연구는 센서융합을 활용한 정보가 최종 검출에 얼마나 기여하는지를 보여주며, 특정 물체 검출을 위해서는 영상처리 방법에 절대적으로 의존하여 내용이 기술되었다.

본 논문의 구성은 2장에서 이동 로봇 시스템의 전체 구성과 물체 검출을 위한 전체 흐름 3장에서는 능동 센서의 역할과 성능, 4장에서는 카메라 영상처리를 이용한 알고리즘에 대해 기술하며 5장에서는 센서 융합 기술의 방법에 대해, 6장에서는 실험결과를 설명한다.

## 2. 센서융합을 위한 이동 로봇 시스템(Mobile robot system)

본 연구에서는 결과를 실제 상황에서 확인하기 위하여 (그림 1)과 같은 이동체가 제작되었다. 주행 중 만나는 장애물 또는 특정 물체와의 거리를 초음파 센서와 적외선 센서의 결과 값으로부터 유도하여 근접시 실시간으로 거리와 상대적인 방향을 측정한다. 측정된 거리와 방향 값을 이용해 좌우 방향전환, 전진, 후진 등을 판단하며 이러한 제어신호는 이동체에 프로그램으로 내장되며, 이외에도 TCP/IP통신과 적외선통신을 이용하여 원격지에서 이동체의 이동 방향을 제어할 수 있도록 통신 모듈이 설계되었다.

이동 로봇의 내부 주요 구성요소는 <표 1>과 같이 정리된다.



(그림 1) 이동 로봇의 외부구조

<표 1> 이동 로봇의 주요 내부구성 요소

제어부: ATMEGA128
구동부: 2개의 DC 모터(IG-42GM)엔코더 일체형
센서부: 3개의 적외선(GPD2D12), 초음파(SFR04) 센서
통신부: BLUETOOTH MODULE(ACODE300)
조작부: 시리얼LCD, 스위치
카메라부: 무선카메라 (CM32C), 서보모터
ARM 부: 서보모터 1·2축(HS-815BB), 3축(HS-225MG)

## 3. 능동센서에 의한 물체 검출

### 3.1 초음파 센서

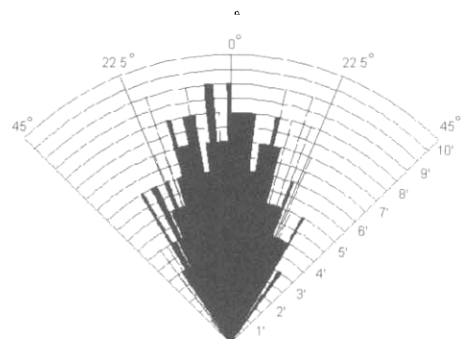
본 연구에서는 3m이내의 근거리 내에서 물체의 유무를 탐지하고 거리를 계산하기 위한 방법으로 초음파 센서와 적외선 센서를 함께 사용한다. 초음파 센서는 상대적으로 먼거리의 물체 출현을 먼저 탐지하기 위한 신호로 활용하며, 적외선 센서는 80cm이내의 근거리에서 물체 여부를 판단한다. 두 센서에 의한 결과 신호의 융합은 1차적으로 높은 물체 탐지 확률을 제공한다.

초음파 센서는 가까운 거리에 있는 물체 또는 사람의 유/무, 거리측정, 속도측정 등에 사용되며, 특히, 세라믹 초음파 센서가 많이 이용되고 있다[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. (그림 2)는 초음파 센서의 지향 각도를 그림으로 보여 준다.

초음파 센서가 실제로 추출할 수 있는 물체와의 유효거리는 10~300cm 범위이며 제어부의 인터럽트를 이용하여 초음파의 귀환시간을 측정하고 그에 따른 거리와의 관계를 데이터화하여 6장의 실험에 제시하였으며 식 (1)과 같은 선형적인 관계식을 유도하였다.

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

여기서 *distance* 는 이동 로봇과 가장 가까운 거리에서 감지된 물체와의 거리이며, *t<sub>return</sub>* 은 초음파 신호의 귀환시간이다.(단위는  $\mu sec$ 임)



(그림 2) 초음파 센서의 지향 각도 표시

이 관계식에서 시간과 거리는 제한된 범위 내에서 선형적인 관계를 유지하며, 거리의 유효 범위는 10~300 Cm 이며 귀환시간은 600~18,000  $\mu sec$ 의 범위를 갖는다. 여기서 출력되는 거리 값을 1m단위로 구분하여 표시하고 센서융합을 위한 물체의 1차 검출 신호로 이용한다.

### 3.2 적외선 센서

가시광선에 이어지는 파장범위가 0.75 $\mu m$ 에서 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 유·무 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 4장 실험에서 보여준다.

## 4. 카메라에 의한 물체영역 검출

### 4.1 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 정의하는데 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)과 같이 정의되며  $Z(x,y,t)$ 는 색상 변환된 결과영상이고  $U(i,j,t)$ 는 UPC 움직임 검출결과이다. AWUPC연산은 색상변환 된 영역 안에서 움직임이 있는 성분을 강조하는 결과를 보여준다.

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

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 색상 유사도에 따라 적응적으로 결정될 수 있도록 sigmoid함수[7]를 사용하였으며 식 (4)과 같은 관계로 나타낸다.

$$T_h = \frac{255}{1 + \exp \frac{Z(x, y, t) - \frac{255}{2}}{Q}} \quad (4)$$

여기서  $Z(x,y,t)$ 는 시간  $t$ 에서의 입력 화소 값이며,  $Q$ 는 sigmoid함수의 곡선의 기울기를 결정하는 계수이다. 적응적인 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 이동물체로서 검출이 되도록 높은 임계값을 사용한다.

### 4.2 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 시그너처의 반복적 분석 과정을 거쳐 수행된다[9,10]. 시그너처는 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  $M, N$ 은 영상의 크기이고,  $S_h(i)$ 는 각행을 가로질러서 합산한 영상의 강도 합을 나타내고  $S_v(j)$ 는 각 열을 가로질러서 합산한 영상의 강도 합을 나타낸다. 전처리된 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 추적체를 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.

### 4.3 입력 시퀀스에서의 물체의 검출

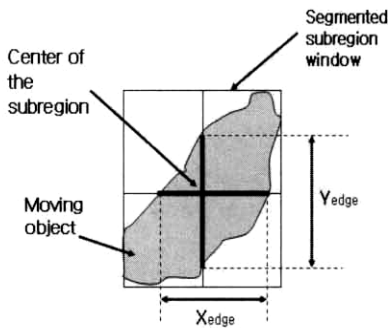
본 논문에서는 입력 영상 시퀀스에서의 대상 물체영역의 지속적인 검출을 위해 2차원 영상 평면상의 위치와 형상정

보를 얻기 위한 스네이크 알고리즘을 참고하였다[10]. 영역 검출된 물체의 형상정보가 갖는 형태함수를 간략히 정의하고 추적의 초기정보로 활용하였다. 물체 형태정보 함수는 다음과 같이 정의하였다.

$$Shape_{obj} = A_{obj} * C_{obj} \quad (6)$$

$Shape_{obj}$ 는 물체의 물체 형태정보 함수이며  $A_{obj}$ 는 영상 분할 된 부영역내에서 일정 임계치를 넘는 움직임 색상성분의 화소 개수이다.  $C_{obj}$ 는 (그림 4)와 같이 거리비,  $y_{edge}/x_{edge}$ 로 정의된다. 여기서  $y_{edge}$ 는 부영역내 y방향 중심선중 물체 영역에 포함되는 길이이며  $x_{edge}$ 는 부영역내 x방향 중심선중 물체 영역에 포함되는 길이를 나타낸다. 이를 통해 형태정보함수는 물체내의 면적과 중심으로부터의 외곽선 관계정보를 포함하며 형태의 유사도를 추적할 수 있는 기본 정보가 된다.

이동물체의 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 영역내 물체를 동일물체로 판단하게 된다.

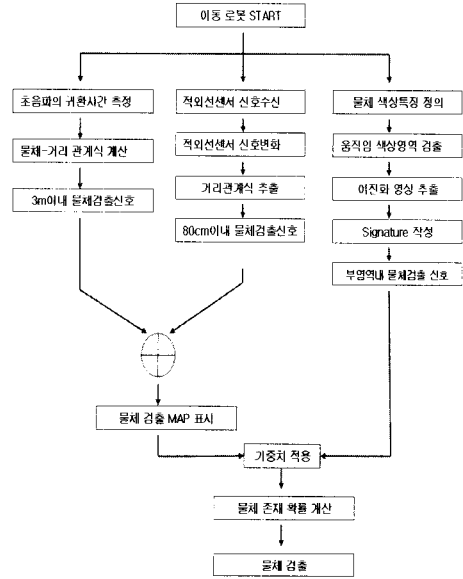


(그림 3)  $C_{obj}$ : 부 영역 윈도우의 중심점과 x,y 방향 윤곽선간의 거리비

### 5. 센서 융합에 의한 최종 물체검출

본 논문에서 시도한 초음파, 적외선 센서 등 능동센서와 카메라에 의한 비전센서와의 정보 융합 과정을 (그림 4)에서 요약하였다.

초음파 센서가 수용하는 거리의 범위가 적외선 센서의 동작범위와 차이가 있고 실제 동작에서 정확하게 대상을



(그림 4) 센서융합에 의한 물체검출의 전체흐름도

검출하는 검출 성공률에도 차이가 있을 수 있어서, 두 센서의 동작 결과는 미리 설정해 놓은 센서 결과값의 크기에 임계치를 적용하여 On/Off의 결과를 출력해주며, 논리적합의 개념으로 표시하여 센서에 의한 물체의 존재 여부를 제시하는 방법을 취한다. 동시에 검출된 후보 물체의 위치를 맵으로 표시하여 영상 검출의 결과와 함께 입체적인 분석이 가능하도록 한다. 영상분석을 위해서는 검출 대상 영역이 고유의 색상영역을 지닌 물체라는 제한조건을 가정하여, 미리 색상특징을 물체에 대해 확보하며, 4장에서 기술한 움직임 물체 영역 추출, 시그너처에 의한 분할 등을 통해 후보 영역을 표시하는 단계까지 결정하며, 센서로부터의 융합결과와 영상신호로부터의 검출결과(일정한 면적의 시그너처 윈도우 생성)가 모두 유효할 때 최종적으로 물체가 있는 것으로 최종 검출 여부를 결정한다.

## 6. 실험 및 검토

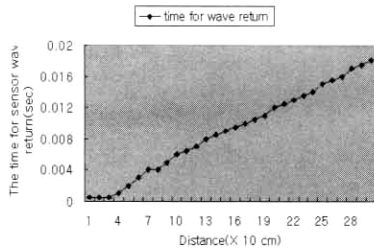
### 6.1 센서와 물체간의 거리 관계

초음파 측정시간은 제어부의 외부인터럽트를 사용하였으며, 거리 값에 따른 측정 시간 값은 비례적으로 증가하므로 초음파 측정 시간 값에 따른 실제거리를 (그림 5)와 같이 데이터화 하였으며 그 관계식을 <표 2>와 같이 유도해 낼 수 있었다. 유효 검출범위는 10Cm~300Cm로 하였으며 계산된 거리와 실제 물체와의 거리 오차는 5% 이내이다.

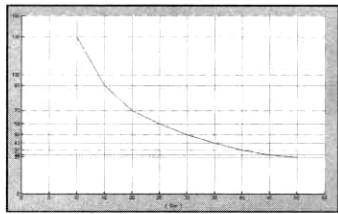
적외선 센서는 근접영역에서 장애물이나 물체의 존재를 파악하는데 사용된다. 적외선 센서의 위치는 이동로

<표 2> 초음파 측정시간과 물체간의 거리 관계

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



(그림 5) 초음파 센서의 출력과 거리 관계



(그림 6) 적외선 센서 출력과 거리 관계

<표 3> 적외선 출력 값과 물체간의 거리관계

적외선 A/D변환값	계산거리(distance)와의 관계식
132~91	distance = (214-adc_data) / 8.2
91~70	distance = (154-adc_data) / 4.2
70~59	distance = (114-adc_data) / 2.2
59~50	distance = (104-adc_data) / 1.8
50~43	distance = (92-adc_data) / 1.4
43~37	distance = (85-adc_data) / 1.2
37~33	distance = (69-adc_data) / 0.8
33~31	distance = (51-adc_data) / 0.4

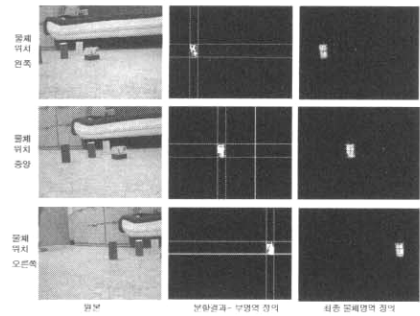
봇의 정면과 정면을 중심으로 좌/우로 30°간격으로 3개가 배치되었으며, 약 80cm 이내의 검출 거리 내에 있는 물체의 유무를 판단할 수 있었다. 센서의 A/D 변환 값은 거리와 반비례하며 다소 불규칙적인 관계를 출력하였다. 값의 구간을 여러 개로 나누어서 관계식을 유도한 결과가 <표 3>에 표시되어 있으며, 신호와 거리 관계 그래프는 (그림 6)에 있다.

6.2 움직임 색상정보와 센서정보의 융합

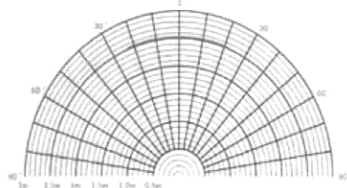
이동체의 영역 추출을 위한 움직임 색상 정보의 효과를 확인하기 위해 (그림 7)과 같이 일반적 배경과 다양한 색상의 물체를 검출의 대상으로 활용하였다. 물체에 대한 색상 정보를 특징으로 활용하기 위해 빨강, 노랑, 파란색의 제작된 물체와 추가 1개의 물체 등 총 4개의 물체를 이동로봇과 2~3m 거리사이에 배치하였다. 진방에 놓인 물체들을 중심으로 이동로봇이 오른쪽에서 30도에서 중심을 지나 왼쪽으로 30도까지 회전하도록 제어하고 그 상황에서 센서들의 거리계산 결과와 영상처리 알고리즘의 검출결과에 대해 각각의 가중치를 고려한 후 합을 구하였으며 이는 물체 존재 여부를 표시하는 확률 값과 같은 의미이다.((그림 4)의 흐름도와 같은 방식))

물체 존재여부를 임계치에 의해 최종 결정한 경우, (그림 8)과 같은 최종 검출 지도의 해당영역에 붉은색 표시를 하도록 제어하였다.

(그림 8)의 최종 융합에 의한 검출 지도를 보면 4개의 물체가 로봇으로부터 제한된 거리(대략 2.5m)내에 모여 있음을 초음



(그림 7) 영상처리에 의한 특징 물체(Red box) 분할 및 검출 과정

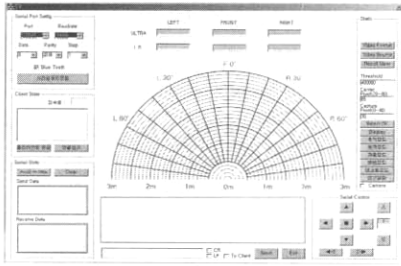


(그림 8) 센서융합에 의한 최종 물체검출 지도

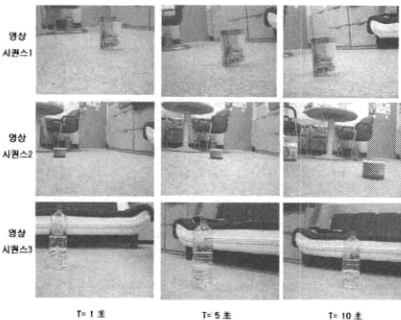
파 센서와 적외선 센서의 거리 계산결과부터 알 수 있으며 중심으로부터 좌우로 30도의 회전 반경 내에 있음을 확인할 수 있다. 또한 그 과정에서 카메라는 (그림 7)에서 나온 물체 검출 결과를 서버에 전송함으로써 초음파 센서와 적외선 센서, 카메라에 의한 제한된 거리 범위내의 물체 존재여부를 종합적으로 판단하게 된다. 즉 각각의 결과는 최종 판단을 위한 제어 프로그램에 입력되어 센서의 검출 범위 내 신호 값을 On/Off로 판단하고 영상 검출의 결과도 최종 검출 윈도우의 크기 변화량을 기준으로 검출 결과를 결정하여 센서 융합의 결과를 통계적 합으로 표현한 뒤 최종 검출 결정을 위한 임계값을 적용한다. 본 논문에서 사용된 센서 융합을 위한 제어프로그램은 (그림 9)와 같다.

이러한 기본 실험을 토대로 좀더 다양한 대상에 적용하기 위해, 3가지 형태의 물체를 실험 물체로 정의하고 이동 로봇이 10초간(30프레임으로 분할) 이동하면서 각각의 물체에 전후좌우로 접근하는 영상 시퀀스를 제작하였다. 각 입력영상에 대해 본 논문에서의 영상알고리즘만을 적용한 경우(실험 1)와 센서융합에 의한 검출알고리즘을 적용한 경우(실험 2)로 구분하여 전체 30프레임 중 정확한 검출 결과를 표시한 프레임 수로 검출율을 평가하였다. (그림 10)은 영상처리 알고리즘을 평가하기 위한 3가지 영상 시퀀스의 시간대별 다양한 프레임임을 보여주며 <표 4>는 최종 물체검출 결과를 비교한다.

영상 시퀀스 1,2는 카메라를 장착한 이동 로봇이 대상 물체를 향해 접근과 회전을 모두 수행하는 과정을 보여주며, 비교적 물체영역내 색상의 특징정보가 균일한 상태이므로 실험 1과 실험2의 검출율의 차이가 적은 편이나, 영상 시퀀스 3의 경우는 물체 영역의 특징정보가 부족하여 실험 1의 경우에서 낮은 검출율을 보여주나 초음파 센서에 의한 근거리내 검출율이 양호하므로 실험 2에서의 결과가 많이 향상되는 것을 알 수 있다. 영상 시퀀스1,2,3의 실험 영상에 대해서 센서융합의 결과 검출율이 영상처리만을 이용한 경우보다 최소 7%에서 최대 17%이상 개선되는 결과를 보였다.



(그림 9) 센서융합을 위한 제어프로그램



(그림 10) 실험에 사용된 3가지 영상 시퀀스

<표 4> 최종 물체검출 결과비교

입력영상 시퀀스	영상처리만 적용시 (실험 1)		센서융합 적용시(실험 2)	
	성공프레임/ 전체프레임	검출 성공율	성공프레임/ 전체프레임	검출 성공율
영상 시퀀스1 (조도350lx)	25/30 frame	83%	27/30 frame	90%
영상 시퀀스2 (조도350lx)	26/30 frame	86%	28/30 frame	93%
영상 시퀀스3 (조도350lx)	17/30 frame	56%	22/30 frame	73%

6.3 물체 연속 검출에 의한 로봇 팔 작업 실험

본 논문에서 구현된 물체 검출 알고리즘을 이동로봇에 적용하여 실제 특정 물체의 위치와 크기, 거리를 영상처리에 의해 파악한 후, 물체를 잡아서 원하는 위치로 이동시키는 작업을 응용분야의 하나로 실험하였다. 영상분할과 물체 거리 예측 연산을 통해 로봇 팔이 물체를 잡는 과정을 (그림 11)에서 보여준다.

7. 결론

본 논문에서는 초음파 및 적외선 센서와 무선 카메라를 장착한 소형 이동 로봇의 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 검출

을 수행하여 센서 융합에 의한 물체 검출율을 개선하였다. 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.

참고 문헌

- [1] 정보통신연구진흥원, IT 차세대 성장 동력 기획보고서(지능형 서비스로봇), 2003. 12.
- [2] Marchand. E, Bouthemy. P., Chaumette. F., and Moreau. V., Robust Real-Time Visual Tracking using a 2D-3D Model Based Approach, Proc. of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision. Vol.1, (1999), pp. 262-268.
- [3] 목임수, 이동 물체에서의 초음파 센서 기술, [www.autocontrol.co.kr/magazine](http://www.autocontrol.co.kr/magazine), 2006.10.
- [4] G.D.Finlayson, Color Normalization for Object Recognition, ATR Symposium on Face and Object Recognition, Japan, (1998), pp.47-48, April.
- [5] H. Gharavi ad Mike Mills, Blockmatching Motion Estimation Algorithm - New Results, IEEE Trans. Circuits and System, vol.37, no. 5, May, (1990).
- [6] Jibe Yang and Alex Waybill, Tracking Human Faces in Real Time, Technical Report CMU-CS-95-210, Carnegie Mellon University, (1995).
- [7] Han. K. B., Yang. J. W., Baek. Y. S. 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, 1996, pp. 403-410.
- [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, 동적윤곽모델을 이용한 동적 물체 추적, 대한기계학회논문집 A권, 27권 5호, pp697-704, 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.



김 상 훈

email : kimsh@hknu.ac.kr  
 1987 고려대학교 전자공학과 학사  
 1989 고려대학교 전자공학과 석사  
 1999 고려대학교 전자공학과 박사  
 1989~1994 LG반도체 연구원  
 2004 Univ. of Maryland, College Park 객원교수

1999~현재 한경대학교 정보제어공학과 부교수  
 관심분야: Object detection and tracking, face detection, Robot Vision