

이동로봇의 물체 회피 및 추적 방법

이은선^o, 이찬호, 김은실, 김상훈

한경대학교 정보제어공학과

information@hknu.ac.kr^o, {chlee80, eskim, kimsh}@hknu.ac.kr

Object Avoiding and Tracking Method of Mobile Robot

Eunsun Lee^o, Chanho Lee, Eunsil Kim, Sanghoon Kim

Dept. of Information and Control, Hankyong National University

요 약

본 논문에서는 초음파 및 적외선 센서와 무선 카메라를 장착한 소형 이동 로봇의 장애물 회피 및 물체 추적 방법을 제시한다. 장애물 회피를 위해서 제어부의 초음파 발생 신호의 귀환시간과 거리와의 관계 및 적외선 센서에서 측정된 아날로그신호와 거리와의 관계를 추출하여 이동 로봇과 물체와의 거리를 판단하여 로봇의 움직임을 제어하는데 사용한다. 물체 추적 모드에서는 첫째, 물체와 배경 및 유사잡음들과의 강인한 분리를 위하여 고유색상정보와 움직임 정보 등의 사전정보를 활용하였으며 둘째, 형태의 변화가 수반되는 경우에도 유연한 대처능력을 갖도록 하기 위해 영상의 영역분할 방법을 통해 모든 후보영역내의 물체의 존재를 확인하고 물체영역만을 추출하였다. 셋째, 물체 형태정보함수를 정의하고 해당함수를 형태의 보전 에너지로 활용하여 동일 물체의 대응문제를 효과적으로 해결하였다.

1. 서 론

비전기반의 이동로봇시스템(vision based mobile robot system)의 목적은 이동능력을 갖추고 컴퓨터 기반의 카메라 등 영상 감지 장치를 활용해서 입력 영상을 얻으며, 얻은 입력으로부터 유용한 정보를 추출하여 작업 또는 업무 환경에 필요한 서비스를 제공하는데 있다. 특히 이동물체의 위치와 형태를 검출하여 이의 동적인 특성을 해석하는 시각추적시스템(visual tracking system)은 방위산업분야에서의 위험지역 및 탐사지역에서의 무인 물체 추적 시스템 등에 적극 활용될 수 있으며 이외에도 지능형 교통정보 시스템(ITS: Intelligence Transport System), 가정용/사무용 네트워크 제어하에서의 지능형 서비스로봇 등의 핵심 기술로써 갈수록 그 중요성이 증대되고 있는 실정이다. 본 논문에서는 초음파 및 적외선 센서와 무선 카메라를 장착한 소형 이동 로봇의 장애물 회피 및 물체 추적 방법을 제시한다. 장애물 회피를 위해서 제어부의 초음파 발생 신호의 귀환시간과 거리와의 관계 및 적외선 센서에서 측정된 아날로그신호와 거리와의 관계를 추출하여 이동로봇과 물체

와의 거리를 판단하여 로봇의 움직임을 제어하는데 사용한다. 또한 물체 추적을 위해서는 영상내 물체에 대한 사전정보(고유색상)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 색상분포를 갖고 형태의 변형은 가능한 실험용 객체를 포함한다. 본 연구는 주로 물체 추적을 위한 영상처리 방법에 초점을 맞추어 진행되었다. 그 연구과정의 특징은 다음과 같다. 첫째, 물체와 배경 및 유사잡음들과의 강인한 분리를 위하여 고유색상정보와 움직임 정보 등의 사전정보를 활용한다. 둘째, 형태의 변화가 수반되는 경우에도 유연한 대처능력을 갖도록 하기 위해 영상의 영역분할 방법을 통해 물체의 존재를 확인하고 물체영역을 추출한다. 셋째, 이동물체 추적 시스템에서 중요한 사항은 잡음이나 불필요한 요소들에 강인하도록 안정적인 추적을 보장하는 일이므로 이를 위해 이동물체 추적 과정에서 형태정보의 제어점을 추출된 이동물체 영역의 경계로 설정하고 관련 함수 값이 발산하는 문제를 극복한다.

2. 장애물 회피

2.1 시스템 구성

본 연구에서의 연구결과를 실제 상황에서 확인하기 위하여 그림 1과 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 자율적인 이동 모드에서는 이동체에 프로그램으로 내장시키며, 이외에도 TCP/IP통신과 직렬통신을 이용하여 원격지에서 이동체의 이동 방향을 제어할 수 있도록 통신 모듈이 설계되었다.

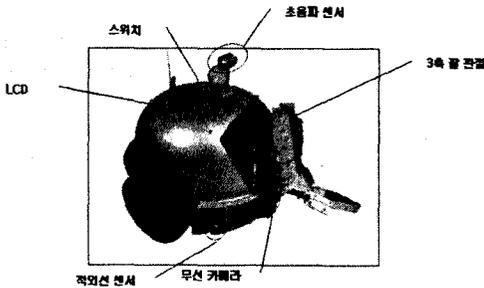


그림 1. 이동 로봇의 외부구조

이동 로봇의 내부 주요 구성요소는 표 1과 같이 정리된다.

표.1 이동 로봇의 주요 내부구성 요소

제 어 부:	ATMEGA128
구 동 부:	2개의 DC 모터(IG-42GM)엔코더 일체형
센 서 부:	3개의 적외선(GPD2D12), 초음파(SFR04) 센서
통 신 부:	BLUETOOTH MODULE(ACODE300)
조 작 부:	시리얼LCD, 스위치
카 메 라 부:	무선카메라 (CM32C), 서보모터
ARM 부:	서보모터 1:2축(HS-815BB), 3축(HS-225MG)

2.2 거리 계산

초음파 센서가 실제로 추출할 수 있는 장애물과의 유효 거리는 10 ~ 300cm 범위이며 제어부의 인터럽트를 이용하여 초음파의 귀환시간을 측정하고 그에 따른 거리와의 관계를 데이터화하여 식 (1)과 같이 선형적인 관계식을 유도하였다.

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

여기서 *distance* 는 이동 로봇과 가장 가까운 거리에서 감지된 장애물과의 거리이며, *t_{return}*은 초음파 신호의 귀환시간이다.(단위는 μsec)

이 관계식에서 시간과 거리는 제한된 범위 내에서 선형적인 관계를 유지하며, 거리의 유효 범위는 10 ~ 300cm 에 대해서 해당시간은 600-18,000 μsec 의 범위를 갖도록 계산되었다.

적외선 센서를 이용한 거리 추측은 초음파 센서보다 더 가까운 거리를 대상으로 하며, 조금 더 세밀한 계산을 요한다. 실질적으로 사용할 검출데이터는 10 ~ 50cm로 제한하고 센서와 거리의 관계를 유도하기 위해 제어부에서 측정된 적외선 센서의 A/D 변환 값과 그에 따른 거리를 그래프로 추출한다. 측정된 A/D 변환 값이 다소 불규칙하고 거리와 반비례하는 관계를 갖는다.

3. 물체영역의 추출 및 추적

3.1 물체의 움직임 색상 정보 추출

이동 물체의 중요한 정보중의 하나는 프레임간 움직임 정보이며 이는 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[1]. 본 논문에서 제안하는 AWUPC (Adaptive Weighted Unmatched Pixel Count) 연산은 식(1)과 이 정의되며 $Z(x, y, t)$ 는 색상 변환된 결과영상이고 $U(i, j, t)$ 는

UPC 움직임 검출결과이다[4]. AWUPC연산은 색상변환된 영역 안에서 움직임이 있는 성분을 강조하는 결과를 보여준다.

$$AWUPC(x, y, t) = Z(x, y, t) * \sum_{i=x-N}^{i=x+N} \sum_{j=y-N}^{j=y+N} U(i, j, t) \quad (1)$$

where

$$U(i, j, t) = \begin{cases} 1, & \text{if } |Z(i, j, t) - Z(i, j, t-1)| \leq T_h \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

한편 (2)에서의 임계값은 입력 색상영상의 색상유사도에 따라 적응적으로 결정될 수 있도록 sigmoid함수[2]를 사용하였으며 식 (3)과 같은 관계로 나타낸다.

$$T_h = \frac{255}{1 + \exp \frac{Z(x, y, t) - 255}{Q}} \quad (3)$$

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. 본 논문에서는 $Q = 12$ 의 값이 사용되었으며 100개의 입력 영상 시퀀스에 대해 본 알고리즘을 적용해본 결과 약 88%의 검출 성공률을 보여 주었다.

3.2 이동물체의 추출과 결정

위의 처리 과정을 통해 얻어진 대상 물체의 확률분포 영상은 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. 따라서 본 절에서는 추출된 몇몇의

후보군 중에서 실제 추적하고자하는 물체를 찾는 방법을 기술한다. 추적체의 추출 및 결정은 전처리 과정을 통해 얻은 영상에 대해 signature의 반복적 분석 과정을 거쳐 수행된다[3].

3.3 물체 형태정보 함수

추적 물체들의 2차원 영상 평면상의 위치와 형상정보를 얻기 위해 스네이크 알고리즘을 참고하였으며, 영역 검출된 물체의 형상정보가 갖는 형태함수를 간략히 정의하고 추적의 초기정보로 활용하였다. 본 논문에서는 물체의 영상력의 영향아래 움직이는 평면 변형 컨투어(planar deformable contour)내에서의 총량을 정의하고 그 값의 최소화 과정을 통해 동일 물체가 추적될 수 있도록 한다. 물체 형태정보 함수는 다음과 같이 정의하였다.

$$Sobj = Aobj + Cobj \quad (4)$$

$Sobj$ 는 물체의 물체 형태정보 함수이며 $Aobj$ 는 영상 분할된 부영역내에서 일정 임계치를 넘는 움직임 색상성분의 화소갯수이다. $Cobj$ 는 부영역 윈도우의 중심점과 물체의 x, y 방향으로의 에지영역간 거리를 나타낸다. 이를 통해 형태정보함수는 물체내의 면적과 중심으로부터의 외곽선 관계정보를 포함하며 형태의 유사도를 추적할 수 있는 기본 정보가 된다. $Cobj$ 로 표현되는 물체의 형태정보는 다음 그림에 표시한 X of center와 Y of center간의 비율로서 정의되며 움직임 색상성분의 면적에 해당하는 값과의 적절한 비례를 고려하여 실제 실험에서는 각 항목에 가중치를 적용하였다. 이러한 형태 정보함수는 매 프레임의 영상 분할된 각 물체의 후보영역에서 순차적으로 이전 프레임의 물체영역과 비교됨으로써, 그 함수량이 최소화되는 분할 영역내 물체를 동일물체로 판단하게 된다.

4. 실험 및 검토

4.1 센서와 거리와의 관계

장애물과의 실시간 거리 측정을 위해 사용된 초음파 센서와 적외선 센서는 본문 2장에서와 같이 각 센서들의 정해진 거리에 따른 출력 값을 데이터로 정리하여 그 관계를 표시하면 그림 2 및 그림 3과 같다. 그림 2,3 모두 x축은 이동체와 장애물과의 거리이며 초음파 센서의 경우는 10~300cm, 적외선 센서의 경우는 10~50cm의 범위를 갖는다.

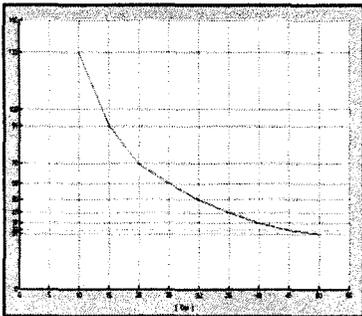


그림 2. 적외선 센서의 출력과 거리 관계

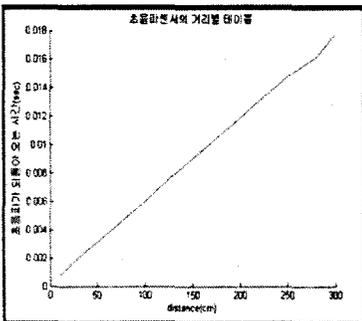


그림 3. 초음파 센서의 출력과 거리 관계

또한 로봇에게 동작 명령을 전송하고 로봇의 센서량을 그림, 숫자로 표시하기 위한 서버 프로그램을 그림 4와 같이 구성하였으며, 센서량을 분석하여, 로봇을 기준으로 물체의 거리와 방향(각도)을 유도하여 실시간 위치 정보를 시각적으로 표현하였다.

4.2 비전 시스템의 설치

본 연구에서는 이동로봇이 사전정보를 이용하여 특정

물체를 검출하고 추적하는 시스템을 구현하기 위하여, 유무선 카메라 시스템을 이용한 비전 로봇과 통신을 위한 서버를 구성하였다. 비전로봇은 ATMEGA128의 제어부와 2개의 DC 모터(IG-30GM)로 구성하였으며 이동시 1차 장애물 감지를 위해 3개의 적외선(GPD2D12)센서와 1개의 초음파(SFR04) 센서를 부착하였다. 영상처리를 이용

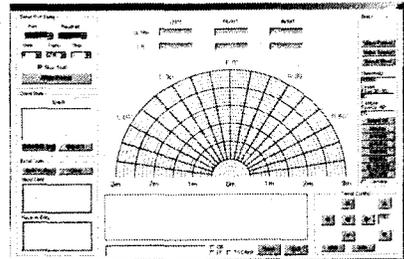


그림 4. 서버 프로그램 예
(센서량 분석에 의한 물체의 위치 표시)

한 특정영역 추적을 위해, 영상입력장치는 CM32C 무선 카메라를 로봇의 전면부에 구성하였고, RX2400S 수신부를 통한 영상데이터는 PC서버에 전달되어 처리된 후, 파악된 물체의 상대적 위치에 따라 로봇의 좌, 우회전 또는 전, 후진 명령을 로봇에게 무선으로 직접 전달하도록 구성하였다. 물체의 추적실험에 있어 작은 범위의 이동이 가능한 로봇을 사용함으로써 기존의 연구가 배경이 고정되어있고 제한적인 환경을 사용한 것과 비교하여 조금 더 변화하는 배경을 대상으로 하는 다양한 실험을 가능하게 하였다.

4.3 움직임 색상정보에 의한 관심 영역 추출

이동체의 영역 추출을 위한 움직임 색상 정보의 효과를 확인하기 위해 복잡한 배경과 다양한 색상의 물체를 추적의 대상으로 활용하였으며 조도의 변화를 주기 위해, 300lx 와 350lx 환경에서 각각 60프레임의 동영상 데이터를 입력으로 제작하여 실험영상으로 사용하고 영역 검출 및 추적의 결과를 평가하였다. 변화를 주고 해당 물체의 영역 추출의 변화를 관찰하였다. 두 환경에서 각각

86%와 93%의 추출 성공률을 보였으며 기존의 색상변환만을 적용한 경우에 비해 초기 영역 검출 성공이 4% 이상 양호하여 이후 추적 성공률에도 영향을 미쳤다.

표. 1 물체추적 결과비교

입력영상	성공프레임/전체프레임	추적성공률
실험영상1(조도300lx)	52/60 frame	86%
실험영상2(조도350lx)	56/60 frame	93%

4.4 물체 추적에 의한 로봇 팔 작업 실험

본 연구에서 구현된 물체 추적 알고리즘을 이동로봇에 적용하여 실제 특정 물체의 위치와 크기, 거리를 영상처리에 의해 파악한 후, 물체를 잡아서 원하는 위치로 이동시키는 작업을 실험으로 수행하였다. 영상분할과 물체 거리 예측 연산을 통해 로봇 팔이 물체를 잡는 과정을 그림 5에서 보여준다.

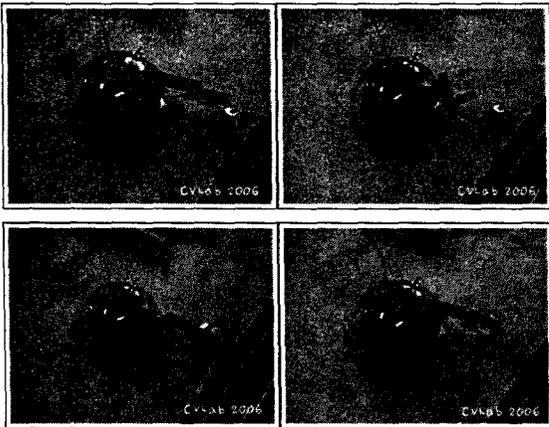


그림 5. 영상처리에 의한 로봇 팔의 작업과정

5. 결론

본 논문에서는 초음파 및 적외선 센서와 무선 카메라를 장착한 소형 이동 로봇의 장애물 회피 및 물체 추적 방법을 제시한다. 장애물 회피를 위해서 제어부의 초음파 발생 신호의 귀환시간과 거리와의 관계 및 적외선

센서에서 측정된 아날로그신호와 거리와의 관계를 추출하여 이동 로봇과 물체와의 거리를 판단하여 로봇의 움직임을 제어하는데 사용한다. 물체 추적 모드에서는 첫째, 물체와 배경 및 유사잡음들과의 강인한 분리를 위하여 고유색상정보와 움직임 정보 등의 사전정보를 활용하였으며 둘째, 형태의 변화가 수반되는 경우에도 유연한 대처능력을 갖도록 하기 위해 영상의 영역분할 방법을 통해 모든 후보영역내의 물체의 존재를 확인하고 물체영역만을 추출하였다. 셋째, 물체 형태정보함수를 정의하고 해당함수를 형태의 보전 에너지로 활용하여 동일 물체의 대응문제를 효과적으로 해결하였다.

Acknowledgement

본 연구는 2006년 경기도 성장동력과제의 연구비 지원에 의해 이루어졌음을 알려드립니다.

참고문헌

- [1] H. Gharavi ad Mike Mills, Blockmatching Motion Estimation Algorithm - New Results, IEEE Trans. Circuits and System, vol.37, no. 5, May, 1990
- [2] D.reisfil , Detection and Interest Points using Symmetry, Proc. Intl Conf. Computer Vision, pp.62-65, Dec. 1990.
- [3] Han. K. B., Yang. J. W., Baek. Y. S. " Real Time 3D Motion Estimation using Vision System," Proc. of the 32nd International Symposium on Robotics, pp. 1022-1026, 2000
- [4] Marchand. E, Boutheymy. 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, pp. 262-268, 1999