

고령자 보행 지원을 위한 지능형 6족 로봇

Intelligent Hexapod robot for the support walking of the aged

이상무⁰, 김상훈⁰
한경대학교 정보제어공학과
information⁰, kimsh@hknu.ac.kr
Sangmu Lee⁰, Sanghoon Kim⁰
Dept. of Information and Control, Hankyong National University

요약

본 논문은 시력이 떨어지고 보행이 불편한 고령자의 이동을 지원하는 지능형 6족 이동 로봇에 대한 연구이다. 센서 및 소형카메라를 장착한 6족 지능형 이동 로봇은 다양한 보행 및 회진, 이동 속도 조절 등의 이동 능력과 다양한 센서를 이용한 장애물 회피, 위험 상황 인식, 경사보행, 물체영역의 인식 및 추적 등의 기능을 가지며, 로봇에 연결된 선을 이용해 고령자의 보행을 유도한다. 로봇의 안정된 보행을 위한 모터의 제어방법, 센서 및 영상인식을 통한 로봇의 환경인식, 그에 따른 로봇의 능동적이고 능동적인 대응, 감지된 환경정보를 신속하게 무선통신을 통해 필요한 고령자 또는 보호자에게 전송하는 방법 등을 구현하였다. 한 다리에 3자유도를 가진 18관절 6족 로봇으로 구현되어 비평탄 지형에서도 안정된 보행구현은 물론 다양하고 부드러운 동작을 취할 수 있으며 강력한 구동 능력을 위해 디지털 슈퍼토크 서보모터를 사용하였고, 위험 상황 인식을 위해 3축 가속도 센서, PIR(초전)센서, 불꽃센서, 연기센서, 적외선, 초음파 거리감지 센서, 조도센서, 터치센서, 온도/습도 센서, 음성인식센서와 카메라를 통한 영상인식 등을 센서 융합에 의해 구현함으로써 상황인식의 정확도를 높이고 고령자들의 길안내 시 위험을 조기에 예측하여 전달하는 에이전트 역할을 수행하도록 설계되었다.

Abstract

This paper is about intelligent hexapod robot for the support walking of the aged person. The robot using various sensors and small camera has various abilities of forward, backward walking, turning left or right, control the speed of walking, avoiding the obstacles and detecting risky situation of fire or gas. To let the aged feel soft and safe walking, we used special servo motor and developed hexapod walking mechanism and effective algorithm.

핵심어: *the aged walking, intelligent robot, Hexapod, sensor fusion*

1. 서론

현재까지 많은 산업용 로봇들이 개발되고 있다. 최근에는 다양한 작업 환경과 인간 삶의 질의 향상으로 인하여 위험한 작업 공간에서 사람을 대신할 로봇의 필요성이 많아지고 있다. 또한 보행이 불편한 고령자들을 위해 안내견과 같이 보행을 지원하는 지능적인 보행 지원 에이전트의 역할이 증대되고 있다. 이에 운동성 및 안정성을 갖춘 보행로봇들의 개발이 요구되고 있는 실정이다. 이에 운동성 및 안정성을 갖춘 보행로봇들의 개발이 요구되고 있다. 기존의 바퀴형 이동 로봇은 장애물에 대한 능동적인 대처와 언덕과 같은 곳을 오르는데 어려움이 따른다. 하지만 6족 로봇[5]은 기존의 보행안내 로봇들이 갖고 있지 않는 동적 안정성과 보행 효율성 등을 갖추고 있어 고령자 및 장애자의 보행을 지원하기 위한 가장 기본적이고 안정적인 이동 로봇의 모델로 인식되고 있다.

6개의 다리를 이용해 보행, 회진, 방향전환 등을 할 수 있도록 만든 로봇으로 안정된 보행을 위한 모터의 제어, 센서를 통한 로봇의 환경인식시 로봇은 하나의 센서가 되어 그 환경에

따른 로봇의 능동적 대응과 무선통신과 무선 카메라를 통한 로봇 주변의 환경을 사람에게 송신하는 알고리즘 구현을 기본 목표로 하고 있다.

보행 로봇의 궁극적인 목적이 바뀌나 트랙이 달린 기존의 차량보다 더욱 더 빠른 속도를 내는 것이 아닌 이상 보행에 있어 급격한 방향 전환이나 혹은 제자리에서의 회전이동 등의 동적 성능은 아주 필수적인 조건이다. 하지만 기존의 보행 로봇들은 실질적으로 어떠한 곡률 반경을 가지고 몸체를 회전할 때 아주 작은 공간에서의 방향 전환은 쉽지가 않았다. 하지만 6족 로봇은 자세와 위치를 유지하면서 물체를 추적할 때 지면의 굴곡 등의 장애물이 생기면 6개의 다리 중 1~2개의 다리를 희생하여 이동할 수 있다. 이런 6족의 특징을 이용하면 첫째 작업 공간 내에서 발생한 장애물을 회피할 수 있고, 둘째 로봇 보행 가운데 외부의 물리적 제약이나 로봇의 기하학적 구조 등의 이유로 발생하는 보행의 문제점에 대하여 효과 적으로 대처하며 장애물 등을 회피할 수 있고, 셋째 관절의 운동 제한범위가 가능하며 관절의 에너지 최소화 동작을 할 수 있다.

Arachne는 18관절 6족 로봇으로 한 다리에 3자유도를 갖고 있으며 거미의 생태 모형을 토대로 제작하여 여섯 개의 다

리의 움직임이 거미와 흡사 하도록 구현하였다. 무선 블루투스 통신과 무선 카메라를 이용한 프로그래밍으로 다양한 퍼포먼스와 정밀한 모터제어로 부드러운 모션을 취할 수 있어 엔터테인먼트 로봇과 탐사 로봇의 기능을 동시에 수행할 수 있다.

이런 6족의 특징을 이용하면 첫째 작업 공간 내에서 발생한 장애물을 회피할 수 있고, 둘째 로봇 보행 가운데 외부의 물리적 제약이나 로봇의 기하학적 구조 등의 이유로 발생하는 보행의 문제점에 대하여 효과적으로 대처하며 장애물 등을 회피할 수 있고, 셋째 관절의 운동 제한범위가 가능하며 관절의 에너지 최소화 동작을 할 수 있다.

2. 로봇의 메커니즘

21세기에 살아가고 있는 모든 이들은 과거 모던(modern)하고 인위적이던 것에서 보다 친환경적인 시각으로 세상을 바라보려 하고 있다. 제작하려 하는 Hexapod Robot의 6족에 따라 생동감과 친환경적인 요소를 감안하여 디자인 설계할 당시 ‘거미’의 모습을 모델로 선정, 이에 따라 제작 과정에서 ‘거미’의 모습과 유사하도록 많은 노력을 기울였다. 이에 따라 (그림 1)과 같이 현재의 ‘아라크네’가 제작되었다.

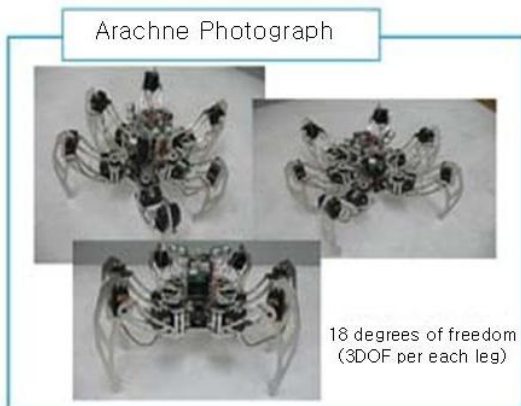


그림 1. Arachne의 외관

아라크네(Arachne)는 거미를 모델로 하여 제작되었다. 이에 따라 어깨 축과 허벅지, 관절의 세 개 부위에 따라 한 다리 당 3자유도로 총 18개의 모터 18자유도가 구성되어 졌다. (그림 2)는 로봇의 메커니즘을 소개한다.

(그림 3)은 아라크네의 외형은 모델의 선정, 모델 스케치, 모델 단순화 및 이미지화, 모형 제작, 디자인 설계 및 제작, 조립, 문제점 및 고충, 보완의 8단계 시스템을 거쳐 완성 되어진 로봇의 설계 도면이다.

이러한 과정을 거쳐 철저한 조립화로서 문제점 및 보완할 경우 분해와 재조립이 쉽도록 설계 되었다.

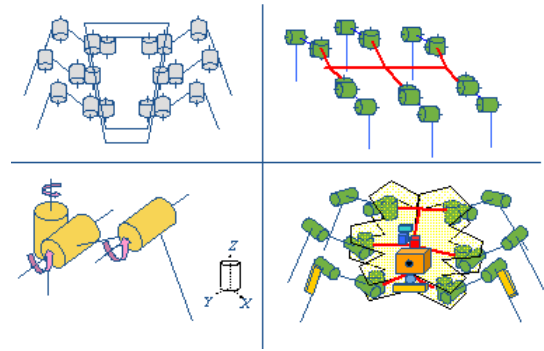


그림 2. 로봇의 메커니즘

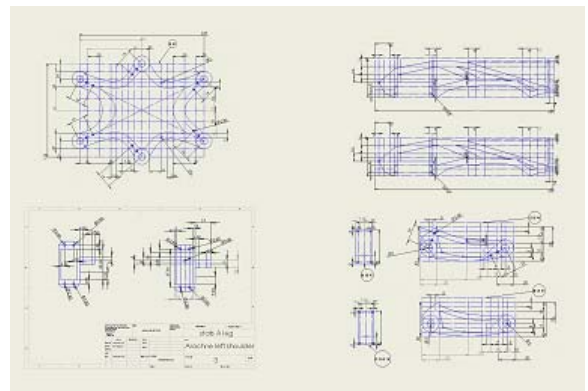


그림 3. Arachne Solidworks Drawing

아라크네는 제작 시 센서의 부착과 보드의 장착 시 조립을 위한 방식으로 구성되었다. 센서 및 배터리 등의 고정을 통하여 고장을 방지 하였고 보행에 지장이 없도록 공간 활용에 의해서 제작되었다.

각각의 동작들은 로봇 내부의 MCU를 통해 (그림 4)와 같이 스스로 판단하여 동작한다.

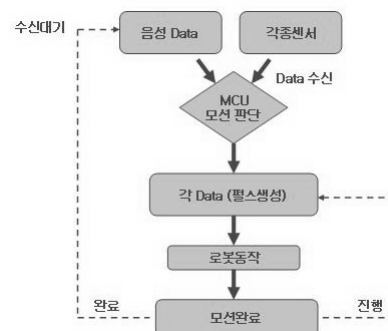


그림 4. Arachne Sensor Diagram

3. 로봇의 주요 기능

3.1 다양한 보행 (Various walking)

보행에 필요한 다리가 움직일 때 움직이지 않는 다리 또한 움직임에 맞춰 조금씩 모터 값을 변경하여 보행 시 균형을 유지하여준다.

우선 보행의 기본인 전진 보행과 후진 보행이 있는데 두 가지의 보행은 (그림 5)에서 보여 지는 것에 근거하여 움직인다. 각 축의 모든 모터가 주기적인 펄스로써 동작을 수행한다. 보행은 일정한 걸음걸이로 이루어지고, 후진보행도 같은 방법으로 이루어진다.

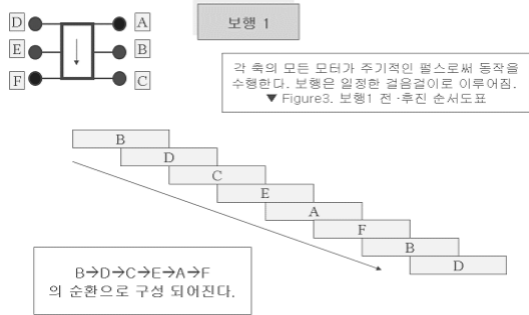


그림 5. 전진 보행 순서도

보행의 다양성을 위하여 전진 및 후 보행의 두 가지씩의 방법을 제시하였다. 그러나 이외에도 더 많은 방법의 모션을 구사 할 수 있으므로 이에 대하여 우 보행(그림 6)을 보여주도록 한다. 좌 보행은 우 보행과는 반대 다리의 순서대로 움직이며 타이밍도나 순서도는 다리 순서만 바뀌고 나머지 시간 배열과 모터의 값은 유사하다.



그림 6. 우 보행 타이밍도

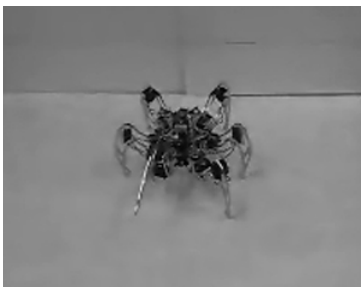


그림 7. 장애 보행 모습

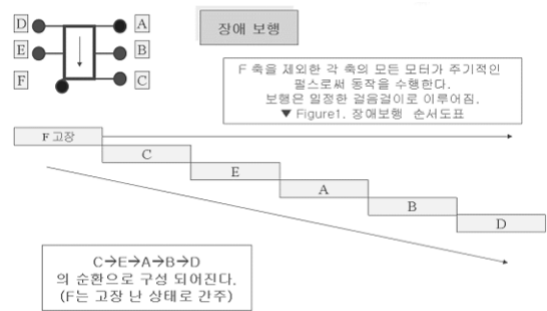


그림 8. 장애 보행 타이밍도

또한, 갑작스러운 다리의 고장으로 보행을 할 수 없는 경우가 발생 할 수 있다. (그림 7)와 같이 모터의 고장이나 또는 알 수 없는 원인에 의하여 제어가 이루어지지 않을 경우를 대비하여 장애 보행을 표현해 보았다. 전, 후, 좌, 우의 보행이 모두 이루어졌으므로 균형과 갑작스러운 사고에 대비해 가상의 설정으로 보행을 해 본다. 장애 보행은 (그림 8)과 같이 규칙으로 F 다리를 고장 난 상태라 설정하고 이에 따라 보행을 함으로써 6족의 이동성과 균형성의 우수함을 표현할 수 있다.

단, 장애 보행의 경우 갑작스러운 상태라는 점과 우선적인 보행의 표현을 위하여 전진 보행만을 실행시켜 보았다.



그림 9. 경사면 보행 사진

이밖에도 좌/우 턴, 대각선 보행, 비틀기, 움츠리기, 몸 세우기, 게 걸음, 스트레칭, 낮은 보행, 흔들기, 세레모니, 공격 등 다양한 보행과 퍼포먼스로 이목을 끌기에 탁월하다. 또 산악지형(그림 10)이나 자갈밭 등을 다닐 수 있게 설정되어 있다.

3.2 센서의 활용(Conjugation of Sensor)

[표1]에서 보는 것과 같이 6족 로봇은 적외선, 초음파, 조도, 온도, 3축 가속도, 불꽃, 연기, PIR, 터치 센서 등 총 9가지의 센서로 이루어 졌으며 각 센서들은 혼자만의 역할을 하는 것과 2~3가지가 연동되어 상황을 알아볼 수

있게 하여 지능성이 뛰어나다.

[표 1. 각 센서들의 활용]

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 초 적외선을 감지
터치 센서	곤충의 습성을 본 따 터치를 하면 동작
조도&PIR&불꽃, 연기	어두운 곳에서 인체를 감지 = 방법모드
온도 센서	온도의 변화를 찾아 따라 움직임

3.3 확장된 지능력(Expanded intelligence)

물체인식에서의 지능적인 영상처리 알고리즘으로 색을 구별하고 물체를 추출하여 인식하고 추적 할 수 있으며 위험한 상황을 감지해 주위에 알리는 SMS문자와 다양한 퍼포먼스가 있다.

3.4 다양한 로봇 제어기능(Various control)

우선 로봇과 서버컴퓨터에서의 Blue-tooth 통신을 이용하여 세련된 GUI와 컨트롤로 유저가 쉽게 접근할 수 있게 한다. 또한 IR 리모콘 +음성인식으로 동작제어 할 수 있는데 음성인식 IR 리모콘으로 음성인식 후 IR신호를 로봇에게 주고 로봇은 주어진 임무를 수행하게 된다. 마지막으로 Sony사의 휴대용 PSP를 이용하여 영상을 보면서 로봇을 조정할 수 있다.

3.5 영상처리에 의한 물체 추적(Visual Tracking System)

지능형 6축 로봇은 자체에 부착된 카메라를 통해 서버 컴퓨터에서 필요한 대상을 사용자가 원하는 물체를 찾아 화면상에서 지정하면 로봇이 해당 물체를 찾아 이동하며, 미리 지정된 색상(R, G, B)을 지정하여 로봇에게 명령을 내리면 로봇은 해당색상의 물체를 찾아 추적하게 된다.

3.6 세련된 외관 (Refined Appearance)

총 4단으로 구성된 회로와 잘 다듬어진 3T와 5T의 두꺼운 알루미늄으로 만든 로봇의 외관은 어디에 있더라도 사람들에게 강인한 인상을 주는 동시에 친근한 동료로 느끼게 한다.

4. 물체영역의 추출 및 추적

4.1 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 색상변환 된 영역 안에서 움직임이 있는 성분을 강조하는 결과를 보여준다.

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

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

$$T_h = \frac{255}{1 + \exp \frac{Z(x, y, t) - \frac{255}{2}}{Q}} \quad (3)$$

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 이동 물체로서 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 보여주었다.

4.2 이동물체의 추출과 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. 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].

(그림 10)의 순서도는 로봇이 대상물체를 추적할 때 나타나는 것이다. 서버의 GUI는 무선통신으로 로봇에 신호를 주어 로봇의 방향과 행동 등을 수행할 수 있도록 명령을 내린다. 화면의 중심에 위치하고 원하는 거리에 있을시

로봇은 해당 물체에 대해 찾았다는 퍼포먼스를 수행하도록 제작하였다.

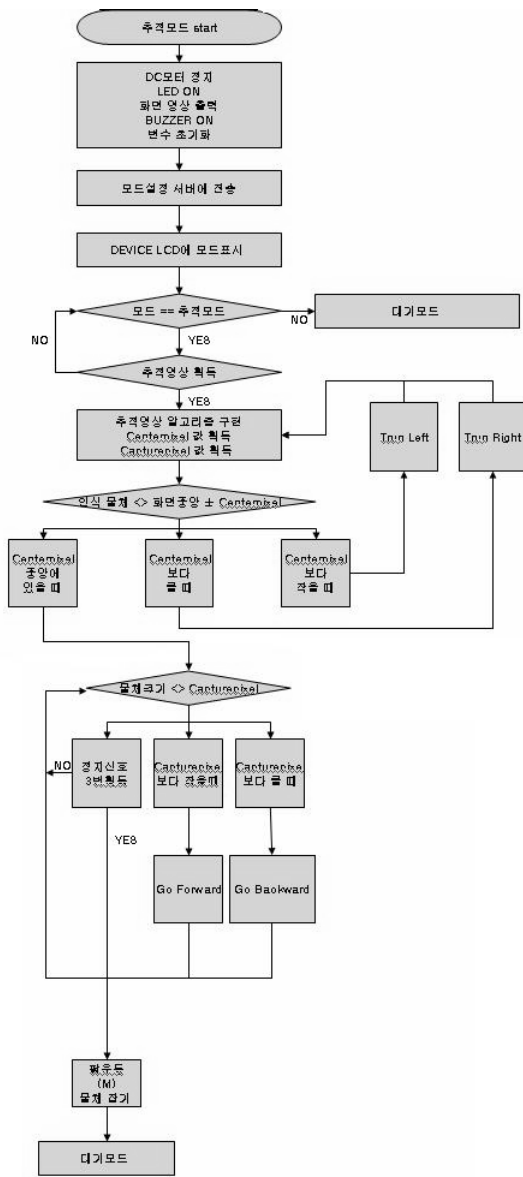


그림 10. MFC에서의 영상처리 순서도

4.3 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 영상 영향 아래 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 center*와 *Y of center*간의 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 영역안의 물체를 동일물체로 판단하게 된다.

5. 실험

5.1 비전 시스템의 설치

본 연구에서는 이동로봇이 사전정보를 이용하여 특정물체를 검출하고 추적하는 시스템을 구현하기 위하여, 유무선 카메라 시스템을 이용한 비전 로봇과 통신을 위한 서버를 구성하였다. 비전로봇은 ATMEGA128의 제어부와 18개의 서보 모터(HS-5645MG Metal Gear Servo, HS-5475HB Heavy duty Gear Servo)를 구성하였으며 이동시 1차 장애물 감지를 위해 2개의 초음파 센서를 부착하였다.

영상처리를 이용한 특정영역 추적을 위해, 영상입력장치는 CM32C 무선카메라를 로봇의 전면에 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.

5.2 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, 300lx와 350lx환경에서 각각 60프레임의 동영상을 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 초

기 영역 검출 성공이 4%이상 양호하여 이후 추적 성공률에도 영향을 끼쳤다.

[표 2 물체추적 결과비교]

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

5.3 물체 추적에 의한 로봇 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 11)에서 보여준다.

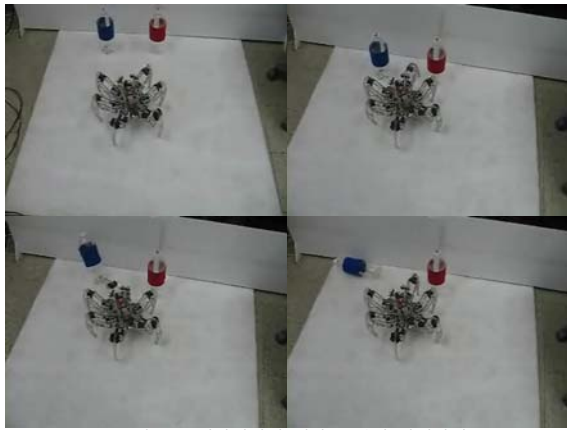


그림 11. 영상처리에 의한 로봇의 작업과정

5.4 로봇의 보행지원 실험

마지막으로 6족 로봇을 보행지원용으로 만든 모습이다(그림 12).

6족 로봇에 가이드 스틱을 장착시켜 사람의 안내를 도와준다. 로봇은 자율모드 상태에 영상처리도 하여 신호등과 같은 색을 감지하는 곳에서는 영상처리를 하고 그 밖의 장애물 통과나 위험요소들은 센서들과의 연동에 의해 판단되어 진다.

위험요소를 감지하면 몸을 비틀어 보행자가 인지할 수 있도록 한다.



그림 12. 보행 지원시 모습

6. 결론

본 논문에서는 적외선, 초음파 및 PIR 센서와 무선 카메라를 장착한 6족 로봇의 장애물 회피 및 물체 추적 방법을 제시한다. 장애물 회피를 위해서 제어부의 초음파 발생 신호의 귀환시간과 거리와의 관계 및 적외선 센서, PIR 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 보전에너지로 활용하여 동일 물체의 대응문제를 효과적으로 해결하였다. 넷째, 음성 리모콘 등을 이용하여 원하는 색계열의 물체를 추적하게 할 수 있다.

참고문헌

- [1] H. Gharavi and 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, 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, pp. 262-268, 1999
- [5] Koyachi, N.; Arai, T.; Adachi, H.; Asami, K.; Itoh, Y. "Hexapod with integrated limb mechanism of leg and arm" Robotics and Automation, 1995. Proceedings., 1995 IEEE International Conference on Volume 2, Issue , 21-27 May 1995 Page(s):1952 - 1957 vol.2