

멀티센서망을 이용한 4족 보행로봇에 관한 연구

A Study on a Quadruped Robot Using Multisensor Network

이희진¹, 김용태¹, 김동연²

¹ 국립한경대학교 정보제어공학과, 전자기술종합연구소
E-mail: lhjin@hknu.ac.kr

² 국립한경대학교 전자공학과, 전자기술종합연구소

요 약

본 논문은 엔터테인먼트 4족 보행로봇에 관한 것으로 24개의 자유도와 비접촉온도, 3축 모션, 터치, 음성인식, CCD 카메라와 IR 센서를 내포하고 있다. 4족 보행로봇을 비평탄지형에서 안정되게 보행시키기 위한 알고리즘과 원격지에서 로봇을 제어하기 위한 알고리즘을 제안한다. 제안한 보행안정화 알고리즘은 다양한 센서들을 이용하여 불확실한 환경 하에서 안정된 보행이 되도록 하였으며, PC상의 GUI와 음성인식 시스템을 이용하여 로봇을 무선으로 원격제어하게 하였다. 개발한 4족 보행로봇의 실험을 통하여 제안한 알고리즘을 검증하였다.

Key Words : Quadruped robot, Remote control, Stabilization, Sensor

1. 서 론

최근에 로봇은 시대의 변화에 따라 기존의 고정된 환경에 단순반복 작업을 위주로 하는 산업용 로봇에서 탈피하여 변화하는 환경에 능동적으로 대처하며 인간과 밀착된 서비스를 제공하는 서비스 로봇의 형태로 발전되어 가고 있다.

Sony사의 애완용 로봇 AIBO에서 비롯된 지능형 서비스 로봇의 상업화는 로봇이 단순히 인간 노동을 대체하는 분야에서만 이용된다는 개념에서 탈피하여, 엔터테인먼트 및 사람의 동반자로서의 역할에 대한 인식이 확대되는 계기가 되었다.

본 논문의 로봇은 엔터테인먼트 4족 로봇으로, 24자유도를 가지면서 영상시스템의 초소형 무선 카메라와 다양한 종류의 센서들(음성인식, 적외선 거리, 비접촉 온도, 3축 모션, 터치 센서)을 내포하고 있다.

본 논문에서는 장애물, 경사면, 절벽과 같은 비평탄지형에서 거리 감지센서와 3축 모션 센서를 사용한 안정된 보행과 외력을 지능적으로 대처하는 자세 안정화 기능과 비접촉 온도센서를 이용하여 보행시 접촉하지 않고 주위의 온도체크 후 물체의 온도를 파악하여 위험한 물체인지 사람인지를 구분할 수 있으며 터치센서의 장착으로 머리를 쓰다듬어 주면 꼬리를 흔들며 애교를 부리는 기능을 가진 4족 보행로봇

의 설계 및 구현방법을 제안한다. 또한 머리 오른쪽 눈에 장착한 무선카메라, PC의 Vision System과 영상처리·경로계획·보정 알고리즘을 이용하여 목표물을 추적하는 PC의 영상 인터페이스 원격제어와 음성으로 4족 엔터테인먼트 로봇을 조종하는 음성인식 원격제어를 연구하였다. 제안한 비평탄지형 보행 및 자세 안정화 알고리즘, 사람의 피부인지 위험온도의 물체인지를 알려주는 물체 구분 알고리즘, 무선 카메라를 이용한 물체추적 알고리즘, 무선 음성인식 원격제어 알고리즘을 실제 연구한 4족 애완로봇에 적용하고 이를 다양한 환경에서 실험을 통하여 검증하였다.

2. 4족 보행로봇의 시스템

2.1 4족 보행로봇 전체 시스템 구성

본 논문에서 개발한 로봇은 24자유도를 가진 4족 보행로봇으로, CCD 방식의 초소형 무선 카메라와 다양한 센서(거리감지, 비접촉 온도, 터치, 3축 모션, 음성인식 센서)를 기반으로 사용자의 의도에 따라 다양한 동작을 수행하는 로봇이다. 외관은 사람에게 호감을 갖는 캐릭터를 기본으로 하며 그림 1과 같이 로봇 기구부, 영상 및 음성인식 출력부, 구동 제어부, 센서 제어부, 원격 제어부, Vision System으로 구성되어 있다.

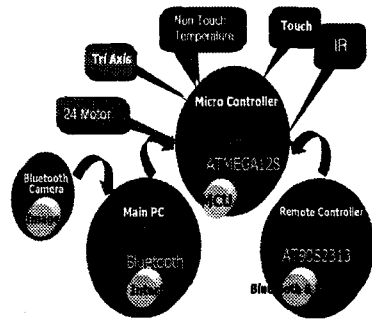


그림 1. 4축 로봇의 하드웨어 구성도

가. 로봇의 기구부

로봇의 기구부는 자체 하중과 보행을 수행하기 위하여 주어진 하중을 지지할 수 있으며, 모터에 충분한 토크를 낼 수 있도록 전체의 무게가 최대한 가벼운 구조로 설계하였다.

로봇은 정지 상태에서 전체길이는 395mm, 총 무게가 2.1kg이다. 로봇 몸체는 알루미늄으로 구성하였으며 관절에는 24개의 RC 서보모터를 사용하였다.

제작된 4축 로봇은 전체 24 자유도를 가지고 있으며 각각 몸통기준으로 앞부분 목 관절에 2개, 앞다리 관절 한쪽에 3개씩, 어깨관절에 1개씩, 허리관절에 1개의 자유도로 11자유도와 뒷부분, 허리관절에 1개, 골반관절 한쪽에 1개씩, 뒷다리 관절에 3개씩, 꼬리관절에 2개의 자유도로 12 자유도를 가지고 있다.

다양한 형태의 장애물 인식과 경사지에서의 보행을 위하여 적외선 센서와 3축 모션 센서를 로봇의 앞부분과 몸통하단에 장착하였고, 원격제어를 위하여 무선카메라는 머리의 눈 부분에 장착하였다.

나. 로봇의 영상 및 음성인식 출력부

영상 및 음성 인식부는 사용자와의 친밀한 교감을 가지기 위한 의사표현 및 인식 수단으로서 본 논문에서는 초소형 카메라와 음성인식 센서를 이용한 방법을 적용하고 있다. 영상 인식부는 CCD 카메라를 통하여 얻어진 영상 데이터를 영상 디코딩 과정을 수행한 후, 초당 30 프레임의 데이터를 메인 장치로 넘겨줌으로써 디지털화된 영상데이터를 바탕으로 영상 추적기능을 수행 하도록 한다. 음성인식용 전용 칩 모듈(JT1000), 마이크, 블루투스로 구성되어 무선 리모콘에서 음성을 입력받아 인식과정을 거친 후 음성명령에 따른 수행동작을 하게 된다.

다. 로봇의 구동 제어부

본 로봇은 총24자유도를 가지는 로봇으로, 실제 동물이 구현할 수 있는 다양한 동작을 구현할 수 있도록 하였다.

로봇에 사용된 모터는 HS-5645MG, HS-85MG 두 종류가 사용되었고, 각각의 모터는 로봇이 필요로 하는 토크와 크기에 맞게 배치되었으며 토크를 많이 필요로 하는 부분은 기어자체도 메탈기어로 된 HS-5645MG로 구성하였다. 또한, 비교적 적은 토크가 필요로 하는 로봇의 머리, 꼬리부분과 박수치기가 적합하도록 앞다리의 끝 모터를 HS-85MG로 사용하였다.

영상 및 음성인식부나 센서 제어부로부터의 명령과 입력을 받아 각 관절별 동작을 수행하도록 하는 부분으로 사용자에게 의해 지정된 보행, 동작 알고리즘에 따라 동작을 생성, 조합함으로써 안정적인 동작을 수행하도록 하였다.

라. 로봇의 센서 제어부

기본적인 영상 및 음성 인식 이외에도 보다 애완동물의 특성을 보완하고 사람과의 공존시 보다 많은 기능을 수행하기 위해서는 환경인식을 위한 다양한 종류의 센서들이 필요하다.

장애물 감지를 위한 센서로는 적외선과 비접촉 온도센서가 로봇의 오른쪽 눈과 턱에 부착되어 있다.

눈에 부착되어진 비접촉 온도센서를 통해 장애물의 온도를 파악하여 사람과 물체를 감지할 수 있으며, 턱에 부착되어진 적외선 센서는 로봇이 보행 중에 정면에 나타나는 장애물과 절벽을 인식하는 데 사용되며, 퍼포먼스부분에서는 손으로 턱을 만져주면 적외선 센서가 가까이 있는 손을 인식하여 귀여운 동작을 구현하게 된다.

자세안정화를 위한 3축 모션센서는 로봇 몸통 밑바닥에 모듈화된 형태로 장착되었고 3축 모션센서를 이용하여 서핑이라는 동작을 구현하였다. 앞, 뒤, 좌, 우로 기울어지면 균형을 잡기위하여 몸을 기울어진 반대방향으로 움직인다. 로봇을 들면 Z축 기준의 변화로 퍼포먼스를 구현하며, 3축을 사용하여 로봇의 자세보정 및 퍼포먼스 구현에 사용하였다.

머리에 장착되어진 터치센서를 통해 로봇이 인체접촉을 인식하게 되어 의사소통, 애교 등의 다양한 동작을 구현하게 된다.

마. 로봇의 원격제어부

로봇의 초소형 무선카메라, PC의 Vision System과 영상처리·경로계획·보정 알고리즘을 이용하여 목표물을 추적하는 PC의 영상 인터페이스 원격제어와 음성인식 무선 리모콘을 사용하여 음성으로 4축 엔터테인먼트 로봇의 다양한 동작을 구현하는 음성인식 원격제어를 연구하였다.

3. 비평탄지형 보행 및 자세 안정화 알고리즘

3.1 비평탄지형 보행 알고리즘

가. 장애물 및 절벽 회피 알고리즘

로봇의 4족 보행에 있어서 다양한 형태의 장애물/절벽에 대한 인식은 꼭 필요한 요소로서, 이를 위해 거리/장애물 측정을 위한 다양한 센서(비접촉 온도, 적외선 거리감지, 3축 모션센서)와 Vision System으로 장애물 거리/장애물 존재를 파악하기 위한 인식 알고리즘을 그림 2와 같이 제안하여 적용하였다.

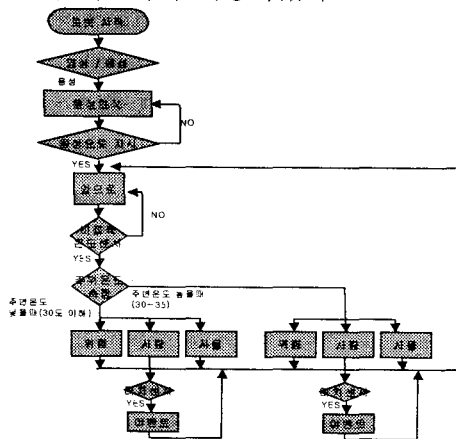


그림 2. 장애물 인식 알고리즘

또한, 인식 알고리즘에 있어 단순히 장애물과 절벽의 존재에 대한 정보만을 얻는 것이 아니라 그 대상과의 거리 정보와 주위온도에 따른 대상의 온도 정보를 획득함으로써, 장애물을 확실하게 피할 수 있도록 하였다.

로봇의 눈에는 물체의 온도를 감지하는 비접촉 온도센서가 장착되어져 있다. 비접촉 온도센서와 장애물의 따른 온도감지 결과는 표 1과 같다. 비접촉 온도센서의 온도측정은 장애물의 주위온도에 따라 각각 실험을 하였고, 주위온도에 따른 장애물의 온도를 정해놓고 고온의 위험물/피부온도(생물체)/저온의 위험물로 나누어서 장애물 회피 및 지능보행 알고리즘을 적용하였다.

표 1. 비접촉 온도센서 측정값

| | 60 | 55 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 |
|----|-------|--------|----------|----------|----------|----------|-------|----------|
| 1차 | 3.71 | 3.65 | 3.49 | 3.18 | 2.99 | 2.85 | 2.63 | 2.47 |
| 2차 | 3.65 | 3.56 | 3.38 | 3.21 | 2.99 | 2.81 | 2.63 | 2.43 |
| 3차 | 3.77 | 3.53 | 3.33 | 3.18 | 2.92 | 2.73 | 2.6 | 2.49 |
| 평균 | 3.71 | 3.58 | 3.393333 | 3.183333 | 2.986667 | 2.813333 | 2.62 | 2.463333 |
| | 60 | 55 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 |
| 1차 | 3.301 | 3.11 | 3.01 | 2.934 | 2.471 | 2.375 | 2.275 | 2.147 |
| 2차 | 3.401 | 3.12 | 3.01 | 2.95 | 2.76 | 2.66 | 2.49 | 2.4 |
| 3차 | 3.25 | 3.06 | 2.98 | 2.909 | 2.751 | 2.65 | 2.511 | 2.37 |
| 4차 | 3.34 | 3.24 | 2.95 | 2.77 | 2.67 | 2.53 | 2.2 | 2.15 |
| 5차 | 3.333 | 3.176 | 3.013 | 2.655 | 2.72 | 2.574 | 2.409 | 2.309 |
| 평균 | 3.325 | 3.1472 | 2.9926 | 2.6636 | 2.6744 | 2.5178 | 2.377 | 2.2756 |

나. 기울어짐에 대한 자세안정화 알고리즘

비평탄지형의 하나인 경사면이 주어졌을 경우 로봇이 넘어지지 않고 균형을 유지하면서 보행할 수 있도록 그림 3과 같은 경사면 보행 알고리즘을 설계하였다. 제작된 4족 보행로봇은 한 걸음을 걸을 때마다 적외선 센서와 3축 모션센서 측정을 수행하는데 이때 3축 모션센서 값의 변화로써 로봇은 경사면을 3축(x, y, z축)으로 값을 획득할 수 있다.

축의 방향(x, y, z축)이 결정되면 경사면을 확인한 후, 무릎을 굽힌 형태의 경사면 기본자세를 취하고 3축 모션센서 값의 변화에 따라 몸체 기울기나 높이를 달리하여 보행하도록 하였다. 현재 20도 경사면에 대해서만 실험을 하였으나 적외선 센서 값을 이용하면 다양한 기울기의 경사면에 대한 보행 알고리즘을 구현할 수 있다. Z축 방향으로, 로봇이 수직으로 들렸거나 뒤집혔을 경우에는 내려달라는 퍼포먼스와 스스로 일어서려는 퍼포먼스를 취한다. 3축 모션센서 값을 이용하면 다양한 기울기의 경사면에 대한 보행 알고리즘 및 다양한 퍼포먼스를 구현할 수 있다.

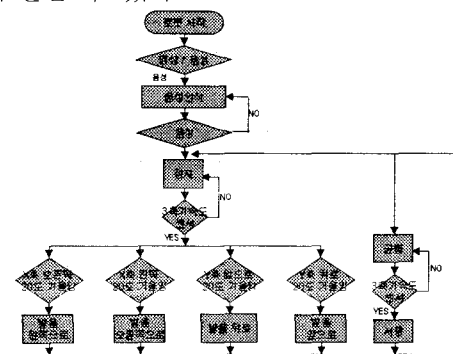


그림 3. 3축 모션센서 알고리즘

3.2 Vision System

Vision System의 목적은 사람처럼 영상을 보고 물체를 판단 인식 및 추적할 수 있는 기능을 로봇에 부가하는 것으로, 알고리즘은 그림 4와 같다. 사용자 인터페이스 영상화면을 띄워주는데 영상 중에 목표물의 한 지점을 지정하여 원하는 색의 영역을 정해주면, 목표물의 중심점을 찾은 후 중심지점 주위로 5 픽셀씩 원형으로 목표물 표시 점을 그려준다. 목표물 표시 점은 정해진 RGB값을 찾아서 물체의 중심지점을 따라 이동하고 상하좌우 움직일 때마다 중심에서 벗어난 픽셀 값을 화면에 표시한다.

로봇이 목표물을 찾았을 경우에는 주인에게 찾았다는 애교 퍼포먼스를 취한다. 목표물을 이동 중에 찾지 못하면 고개를 상하좌우로 움직여 물체를 찾는다.

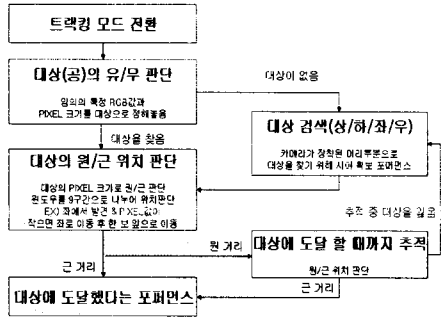


그림 4. Vision System 알고리즘

Vision System에 사용한 카메라는 CM32C 초소형 무선 카메라로써 로봇의 눈 부위에 장착되며 그것에 맞게 개조되어진 카메라와 송신기가 일체된 형태이다. 수신기로는 4개의 카메라를 동시에 사용 할 수 있고 자동채널 전환기능을 갖춘 RX2400S를 사용하였다. 카메라로부터 수신된 영상을 화면으로 나타내는 영상화면창과 로봇과의 통신에 대한 명령 전달을 알 수 있는 상태창이 있다. 또한 엔터테인먼트 로봇이라는 면에서 User Interface의 디자인을 사람들이 보았을 때 눈이 편안하고 예쁜 디자인을 고안하여 적용 시켰으며 귀여운 여러 가지 버튼 식 조이스틱으로 재미있고 쉽게 조절할 수 있게 구성하였다.

3.3 비평탄지형 보행 및 원격제어 알고리즘

목 부분에 45도의 기울기로 부착된 적외선 센서, 몸통 중앙에 3축 모션센서와 눈의 왼쪽에 비접촉 온도센서, 오른쪽에 초소형 무선 카메라를 사용하여 4족 보행로봇이 비평탄지형을 스스로 인식하여 자율보행하며, 사용자가 목표물 표시정보를 이용하여 원격제어(무선 음성리모콘, PC 인터페이스)할 수 있도록 하였다.

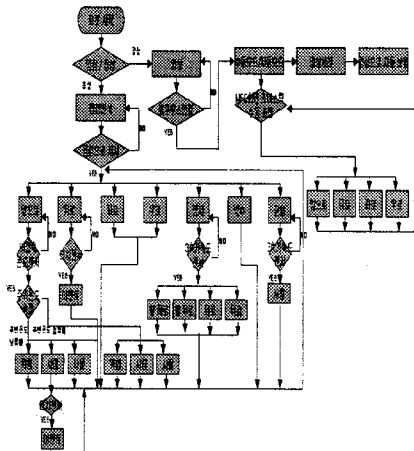


그림 5 전체 보행 알고리즘

자율보행은 로봇의 3축 모션센서가 보행 중에 몸통 중심에 존재하여 안정성이 확보되는

것을 기반으로 하였다. 4족 보행로봇의 전체 비평탄지형 보행 및 원격제어 알고리즘은 그림 5와 같다. 4족 로봇은 적외선 센서의 장애물거리 측정결과와 비접촉 온도센서, 3축 모션센서 값의 변화에 따라 비평탄지형에서 지능적으로 보행 알고리즘을 수행한다. 4족 로봇의 원격제어를 하기위하여 블루투스 무선모듈과 음성인식센서 모듈을 사용하여 원격제어를 제작하였다. 4족 로봇의 머리에 장착된 무선카메라에서 받아들인 영상은 영상수신기를 통해 PC로 전달되고, Vision System에서 전달된 영상이 목표물의 영상과 방향을 표시하면, 사용자의 목표물의 정보를 바탕으로 원격제어를 사용하여 로봇의 블루투스 모듈을 거쳐 4족 보행로봇에 이동명령을 내려 원하는 방향으로 로봇을 원격제어 한다.

4. 실험 결과

본 논문에서 제안된 기울어짐에 대한 자세안정화 알고리즘과 비평탄지형 보행 및 원격제어 알고리즘은 실제 제작된 4족 보행로봇을 다양한 장애물이 포함된 환경에서 실험하여 검증하였다. 그림 6은 다양한 위치에서부터 거리정보를 수행한 후 장애물/절벽에 대한 인식과 주위의 온도를 기준으로 장애물의 온도로 장애물(위험물/생물체/벽)을 판단하여 퍼포먼스를 취하는 실험으로 안정되어진 보행과 지능적인 엔터테인먼트 로봇의 기능을 목적에 맞게 적용시켰다.

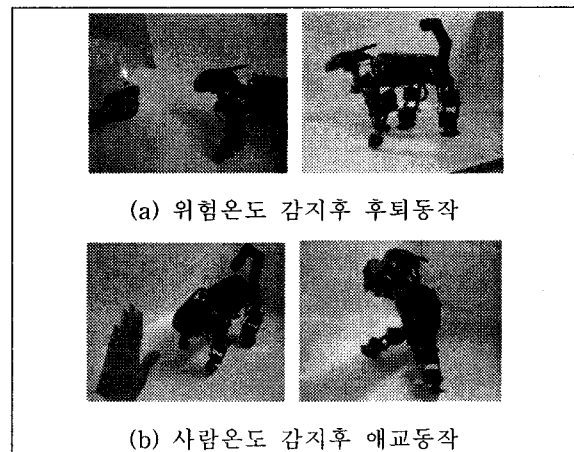


그림 6. 장애물온도의 로봇반응 실험

그림 7은 비접촉 온도센서와 적외선 거리 감지센서를 사용한 4족 보행로봇의 장애물/절벽 보행의 단계별로 실험경과를 보여주고 있다. 기울어진 경사면에서의 보행은 실시간 자세보정이 어렵기 때문에 정확하고 안정된 보행자세 유지가 중요함을 알 수 있다.

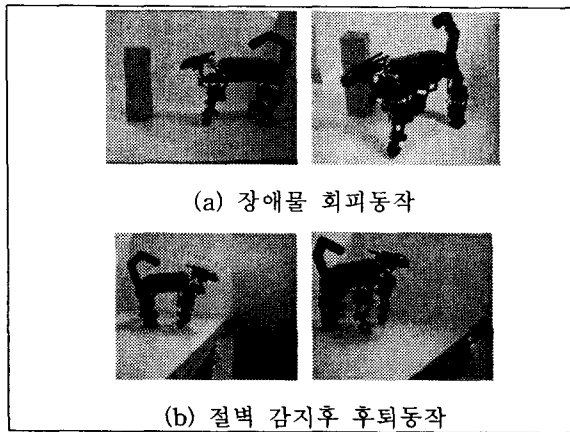


그림 7. 로봇의 장애물 회피 동작 실험

그림 8은 머리에 장착된 무선카메라, Vision System, 원격제어기를 사용하여 사용자가 원격으로 4족 보행로봇을 제어하는 장면이다. 이러한 실험결과를 바탕으로 안정된 보행, 장애물의 인식기능, 다양한 퍼포먼스, 사용자 인터페이스의 세련된 디자인, 음성 리모콘과 PC의 조이스틱형 원격제어 기능을 적용하여 엔터테인먼트 로봇을 구현하였다.

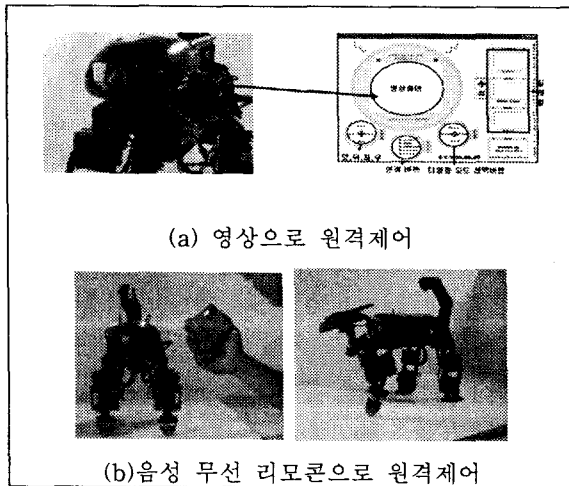


그림 8. 원격제어 실험

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 독립적인 개체로서 4족 보행이 가능한 애완용 로봇의 구현에 대하여 설명하였다. 애완동물로서의 기능을 수행하기 위해서 적외선, 터치, 비접촉 온도, Vision System을 통해 화자나 사물을 인식하도록 하였으며, 총 24 자유도를 가지면서 다양한 형태의 보행/동작 구현, 생성, 조합이 가능한 특성을 가지며 이를 PC와 연동하여 제어할 수 있도록 하였다. 또한 음성모듈(리모콘)을 이용하여 원하는 음성을 저장, 출력이 가능한 특성을 통해 보다

사용자로 하여금 친밀감과 지속적인 관심을 유발할 수 있도록 하였다. 특히 멀티센서의 이용으로 다양한 퍼포먼스를 구현하며, 비접촉 온도센서와 적외선 센서로 사람의 존재유무, 화재감지, 거리의 감지로 정보/보안 로봇으로서의 기능도 수행할 수 있도록 하였다. 또한 간편한 음성 리모콘을 이용한 로봇의 동작, 기능 조작을 가능하도록 함으로써 제어상의 사용자 편의를 추구하였다.

본 논문에서 제안한 장애물/절벽 감지 알고리즘과 자세 안정화 알고리즘의 통해 로봇의 자율적 개체로서 보다 안정된 보행과 지능적 측면을 하나의 특성으로 가질 수 있도록 하였다.

앞으로 엔터테인먼트 로봇으로의 지속적인 관심과 상호 교감 형성을 위하여 다양한 콘텐츠와 지능적 요소 및 로봇 보행의 안정성을 개선시키기 위한 새로운 경사면 알고리즘과 장애물의 높이에 따른 보행 알고리즘에 대하여 연구할 예정이다.

본 연구는 (주)썬코리아전자의 엔터테인먼트 조종로봇의 기반기술 연구 지원으로 수행되었음

6. 참고 문헌

- [1] 김용태, 이희진, 노수희, “이족보행로봇의 비평탄지형 보행 및 자세 안정화 알고리즘,” 한국 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, vol. 15, no. 1, pp. 59-64, 2005.
- [2] 이태경 외 5, “센서퓨전을 통한 인공지능 4족 보행 애완용 로봇,” 제어 자동화 시스템공학 논문지, vol. 11, no. 4, pp. 314-321, 2005.
- [3] 정성윤, 진광식, 윤태성, “센서융합을 이용한 자율 이동로봇의 위치추정,” Journal of the Research Institute of Industrial Technology, vol. 18, pp. 47-66, 2004.
- [4] J. M. Yang, “Fault tolerant gaits of quadruped robots for locked joint failures,” *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 32, no. 4, pp. 507-516, 2002.
- [5] G. S. Hornby, S. Takamura, J. Yokono, O. Hanagata, Y. Yamamoto, and M. Fujita, “Evolving robust gaits with AIBO,” *Proc. of 2000 IEEE Int' Conf. On Robots and Automation*, vol. 3, pp. 3040-3045, 2000.