

**복잡한 지형에 유연하게 적응할 수 있는 변형 가능한 6족 로봇의 구현**

이상훈\*, 김진걸\*\*

\*인하대학교 전기공학과 석사과정, \*\*인하대학교 전자전기공학부 교수

**Implementation of a Transformable Hexapod Robot for the Complex Terrain**

Sang-Hun Lee\*, Jin-Geol Kim\*\*

\*School of Electrical Engineering, Inha University, Incheon, South Korea  
(Tel : +82-32-860-7384; E-mail: besito\_lee@hotmail.com )

\*\*School of Electrical Engineering, Inha University, Incheon, South Korea  
(Tel : +82-32-860-7384; E-mail: john@inha.ac.kr )

**Abstract** - 본 연구는, 장애물과 지형에 순응할 수 있는 새로운 형태의 변형 가능한 로봇을 제안하고자 한다. 사람이 활동하는 영역에서 로봇을 사용할 때, 항상 로봇의 이동에 적합한 환경을 제공해 줄 수는 없다. 따라서 로봇 자체가 환경을 인식하고 그에 맞게 동작될 수 있어야 한다. 로봇은 바퀴구동을 통한 평탄한 지형에서의 빠른 이동성과 보행을 통한 평탄하지 않은 지형에서의 이동성의 장점들을 동시에 지닐 수 있는 구조로 설계되었다. 스테레오 영상 시스템과 거리감지 센서모듈을 통해 로봇의 안정적이고 효과적인 동작을 구현하고자 한다. 본 논문에 대해서는 실험을 통해 이를 검증한다.

**1. 서 론**

기존의 로봇은 기본적으로 다리를 가진 보행 로봇과 바퀴 달린 모바일 로봇으로 크게 나눌 수 있다. 혼다사의 ASMO나 KAIST의 휴보 등과 같은 휴머노이드 로봇과 소니사의 아이보 같은 4족 보행 로봇 등이 있다. 그러나 이러한 로봇은 기본적으로 다 관절 시스템이기 때문에 해상도에 어려움이 많을뿐더러 로봇 구동에 필요한 전력 수급이 원활하지 못한 것이 문제점으로 지적되고 있다.

바퀴 달린 모바일 로봇은 보행 자율성을 기본으로 카메라를 가지고 장애물을 회피하거나 원활한 이동성을 기조로 하여 가정에서 손쉽게 사용할 수 있는 청소형 로봇 등을 개발 이용하고 있다.[1] 그러나 이러한 청소형 로봇 같은 경우는 턱이 있는 경우에 그 턱을 넘어가기가 어렵게 되기 때문에 건물 구조 자체를 턱이 없는 구조로 하거나 아니면 협소한 공간 안에서만 청소가 가능하다. 또한 일반적으로 물체에 바퀴가 고정된 형태로 바닥이 자신의 바퀴간 거리보다 좁은 길이나 다리형태로 된 공간을 이동하는 것이 불가능하다.

이렇게 대별되는 두 개의 이동로봇의 분류를 보면, 평지에서 이동에서는 모바일 로봇이 보다 많은 이득을 가지고 있고, 계단이나 장애물을 가지고 있는 경우에는 보행 로봇이 장점을 가진다.[2] 이와 동시에 장애물이 있을 시에는 모바일 로봇의 움직임은 한계를 지니게 되고, 보행 로봇의 경우에는 일반 평탄한 지형에서의 보행 시 상대적으로 에너지 소비가 많은 문제를 가지고 있다.

본 연구에서는 앞에서 언급한 모바일 로봇이 갖는 지형에 따른 이동성의 제약과 보행 로봇이 갖는 에너지 효율의 단점을 최소화 할 수 있는 다족 모바일 로봇을 제안하고자 한다. 이 로봇은 기본적으로 6족의 다리를 가지고 있으며, 외곽의 4개의 다리의 끝단에 바퀴 모듈을 장착하였다. 기존의 모바일 로봇이 일반적으로 물체에 바퀴가 달려있는 것과는 달리 본 로봇의 경우 다 관절을 가진 다리의 끝에 바퀴모듈이 장착되어 있어 바퀴의 위치를 자유롭게 조정할 수 있게 하였다.[3] 이를 통해 바퀴로 이동 가능한 지역이 확대되어 에너지 효율을 증가시키고 이동 능력이 향상되는 효과를 얻을 수 있었다. 또한 바퀴로의 이동이 불가능하다고 판단되는 지형에서는 바퀴 모듈을 정지시키고 다리를 이용한 보행을 통해 이동하게 되므로 이동 능력과 주변 지형에 대한 적응력이 향상되게 하였다.

이와 더불어 기본적으로 영상 인식 모듈을 내장하고 있어서 카메라를[4] 통해 지형과 장애물의 정보를 관측하며, 적외선 센서와 초음파센서 같은 거리 센서를 이용하여 주변 환경에 대한 보다 다양하고 정확한 정보를 인식할 수 있는 모듈도 내장하였다. 이러한 인식장치들은 로봇이 주변 환경을 정확하게 인식하여 보다 효율적이고 자율적인 이동과 임무수행을 가능토록 하게 하였다.

**2. 본 론**

**2.1 시스템 구성**

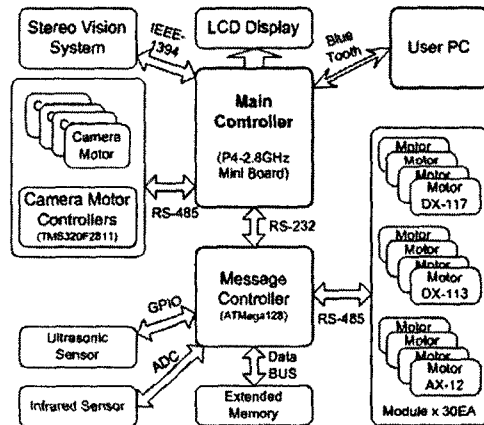
로봇 시스템은 크게 두 가지로, 스테레오 영상 처리, 카메라 움직임 제어, 로봇의 보행계획 생성을 담당하는 중앙 처리기와 보행 계획 데이터 전송, 센서 정보 취득, 환경 설정 저장을 담당하는 메시지 제어로 나뉜다.

비전 카메라는 Point Gray社의 소형 IEEE-1394 디지털 카메라를 사용하였으며, 카메라의 움직임 제어를 위해 Maxon社의 DC-서보모터와 DSP를 이용한 모터제어기를 사용하였다. 중앙 처리기로는 작은 크기의 Micro-iTX

메인보드와 Intel社의 펜티엄4 CPU, Windows-XP 운영체제로 영상처리 성능과 프로그램 이식성을 높였다. Ardence社의 Real-Time 라이브러리를 이용하여 실시간성을 보장 하였고, 로봇에 7인치 LCD를 부착해 로봇이 처리하는 영상정보 및 계획정보를 모니터링 할 수 있게 하였다. 사용자와 로봇간의 인터페이스는 Blue-Tooth 무선통신을 사용하였다.

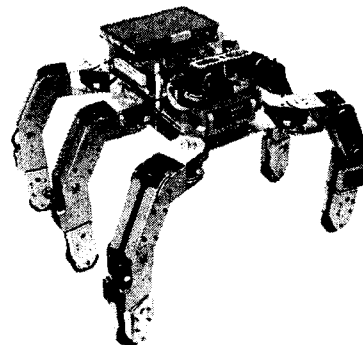
메시지 제어기는 다양한 인터페이스 환경을 구축할 수 있는 Atmel社의 ATmega128 CPU를 사용하였으며, 적외선 센서, 초음파 센서, 외부 메모리와 같은 모듈의 확장성을 용이하게 했다. 적외선 센서는 물체에 반사되는 빛의 양이 아닌, 반사각을 이용하는 방식으로써 외부 광원의 영향을 덜 받을 수 있어 거리측정의 정밀도가 향상되었으며, 초음파 센서와 병행하여 장애물 감지의 정확도를 높일 수 있게 하였다.

6족 보행을 위한 모터 모듈은 로보티즈社의 DX-117, DX-113과 AX-12 모듈을 사용하였으며, DC-16V에서 최고 약 38Kgf/Cm의 힘을 가지는 이들 모듈은 RS-485 통신방식을 취하고 있다. 이 중, AX-12모터 모듈은 Endless-turn 기능이 있어, 다리 끝의 구동 바퀴용 모터로 사용하였다. <그림 1>은 변형 가능한 6족 로봇의 시스템 구조를 나타낸다.



<그림 1> 시스템 구조

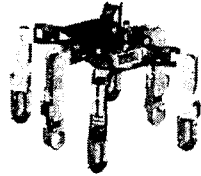
로봇은 AutoCAD를 이용하여 3D 형태로 설계하였고, 본체를 가볍게 하기 위해 알루미늄을 사용하였다. 리튬폴리머 충전지를 사용하여 순간적으로 사용하는 고 용량의 전류 공급을 가능하도록 하였다. <그림 2>는 복잡한 지형에 유연하게 적응할 수 있는 변형 가능한 6족 로봇의 실제 모습이다.



<그림 2> 변형 가능한 6족 로봇 I-TIBO

## 2.2 형태 변형 시뮬레이션

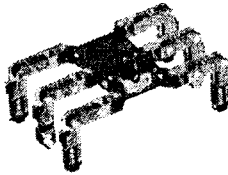
CAD를 이용하여 로봇이 환경에 따라 변할 수 있는 형태에 대하여 시뮬레이션 한 결과이다. <그림 3>은 기본 자세로 모터에 부하가 걸리지 않는 상태에서 바퀴를 이용한 평탄한 지역을 이동할 때의 모습이다. <그림 4>는 바퀴구동이 어려운 환경에서의 6족 보행을 하기 위한 모습이다. <그림 5>, <그림 6>은 높이 제한이 있는 낮은 지형에 맞도록 로봇의 형태를 변형한 모습이며, <그림 7>은 이동 경로의 폭이 로봇의 폭보다 좁은 경우에도 로봇이 이동할 수 있는 모습을 보여주고 있다. <그림 8>을 통해 복잡한 지형에서도 로봇이 지형에 순응하는 모양으로 변형될 수 있음을 시뮬레이션을 통해 알 수 있었다.



<그림 3> 평지 주행



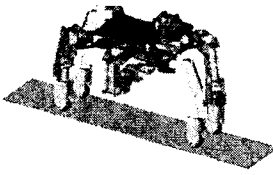
<그림 4> 일반 보행



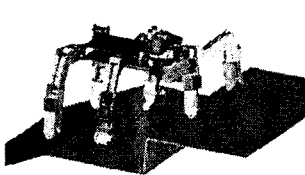
<그림 5> 높이제한 평지 주행



<그림 6> 높이제한 보행



<그림 7> 폭 제한 평지 주행



<그림 8> 경사 및 계단 오르기

## 2.3 스테레오 영상 시스템과 센서 모듈

로봇이 환경에 적응하며 안정적인 이동을 하기 위해서는 장애물 인식과 많은 양의 주변 지형의 정보를 얻을 수 있어야 한다. 이를 위해서 스테레오 영상 시스템이 필요하며, 스테레오 영상 시스템의 거리측정 단점을 보완하기 위해 추가적인 거리감지용 초음파 센서 및 근접 적외선 센서를 병행하여 사용할 수 있도록 하였다.

영상시스템을 통하여 지형의 형태를 파악하고, 장애물을 인식하여 로봇이 진행할 경로를 재구성 한다. 로봇이 장애물에 접근하면서 장애물과의 좀 더 정확한 거리를 초음파 센서 또는 적외선 거리 센서를 이용하여 계산한다. 장애물의 종류 및 환경에 따라 세 종류(영상, 초음파, 적외선)의 센서는 성능을 달리하기 때문에 서로 보정하여 사용해야 한다.

계단 오르기와 같은 근접 거리를 체크하기 위해, 가까운 거리 영역의 적외선 센서를 추가적으로 설치하여 20Cm 이내의 거리 감 정밀도를 높였다.

### 2.3.1 영상시스템과 모터 컨트롤러

영상시스템은 보다 넓은 범위의 환경인식을 위해, Panning, Tilting, Vergence\*2 총 4개의 자유도를 가지고 있으며, Point Gray社의 IEEE-1394 방식의 디지털 카메라로 추가적인 Grabber 보드가 필요 없어, 기존의 아날로그 카메라보다 영상 시스템 구축이 간편해졌다. <그림 9>는 비전시스템에 사용하는 Maxon社의 RE-Max17모형이며, 18V에서 4.5W의 출력을 가진다. <그림 10>은 모터 제어 보드이다. Texas Instruments社의 DSP로 150MIPS의 고속연산이 가능하고, 모터드라이버로는 National社의 LMD18200을 이용해 최대 50V에서 3A의 연속전류를 공급할 수 있도록 하였다.



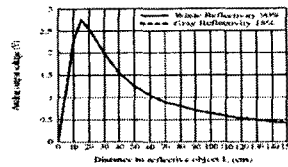
<그림 9> RE-Max17 모터



<그림 10> 모터 제어 보드

### 2.3.2 거리감지 적외선 센서

로봇에 사용하는 Sharp社의 GP2Y0A02YK 적외선 센서는 광각측정방식이 아닌, 물체에서 반사되어 들어오는 각도측정 방식으로 외부광의 영향을 적게 받는 장점이 있다. <그림 11>은 물체와의 거리에 따른 센서출력 전압 그래프이다. 25Cm~150Cm 영역에서 센서 값을 얻을 수 있다. 센서 값이 선형적으로 출력되지 않기 때문에, 선형화시킨 테이블을 만들어 사용하였다. <그림 12>는 적외선 센서의 모습이다. 렌즈캠으로 덮여 있는 부분에 반사각 각도 측정을 할 수 있는 센서가 내장되어 있으며 외부광의 영향을 줄이기 위해 차단막을 높게 두었다.



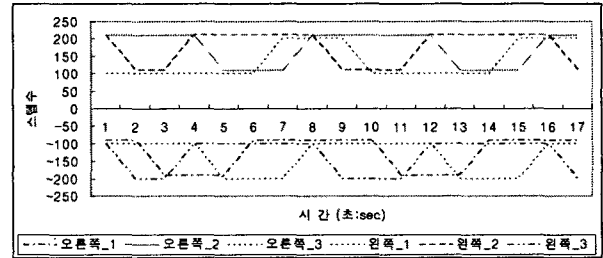
<그림 11> 거리에 따른 출력 전압



<그림 12> GP2Y0A02YK 센서

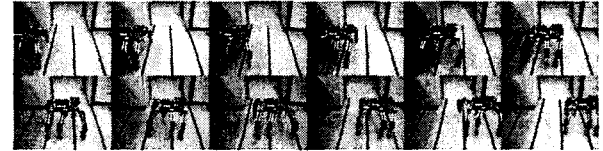
## 2.4 실험 결과

본 연구에서는 지형에 따른 로봇의 형태변형과 동작여부를 알아보기 위해서 CAD로 시뮬레이션 한 6가지의 이동 형태에 대해, 각각의 기본자세와 궤적데이터를 생성하였고 이를 실험하였다. <그림 13>은 일반 보행을 위한 앞쪽 두 다리(왼쪽, 오른쪽)의 궤적데이터이다,



<그림 13> 일반 보행의 궤적 데이터

<그림 14>는 1초 간격의 일반 보행을 나타내며, 로봇은 좌에서 우 방향으로 이동한다.



<그림 14> 일반 보행영상

<그림 15>는 2초 간격의 높이제한 보행을 나타내며, 로봇은 좌에서 우 방향으로 이동한다.



<그림 15> 높이제한 보행 영상

<그림 16>는 0.5초 간격의 바퀴 구동으로 이동하는 모습이다.



<그림 16> 일반 보행 영상



<그림 17> 높이제한 주행 영상

평탄한 지형에서 바퀴주행의 효율적이고 빠른 이동성뿐만 아니라, 대각 주행, 수평 주행, 제자리 회전 등의 다양한 이동성을 보여주었다.

## 3. 결 론

다양한 이동 환경에 적용할 수 있는 변형 가능한 로봇을 구현하였다. 바퀴구동의 장점과 보행이동의 장점을 상황에 맞게 적절히 적용하여 로봇의 이동성 향상을 실험을 통해 볼 수 있었다. 차후 연구를 통해 스테레오 영상 시스템을 이용한 환경 인식으로 로봇의 변형과 이동경로 생성을 로봇 스스로 결정할 수 있도록 할 것이다.

## 후 기

이 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2005-041-D00320)

## [참 고 문 헌]

- [1] Gen ENDO 외, "Study on Roller-Walker", International Conference on Robotics & Automation, pp. 2032~2037, 1999
- [2] Katsuhiko Tabata 외, "Development of a Transformational Mobile Robot to search Victims under Debris and Rubble -2nd report: Improvement of Mechanism and Interface-", International Workshop on Safety, Security and Rescue Robotics, pp. 19~24, 2005
- [3] Atsushi Kawakami 외, "SMC Rover : Planetary Rover with transformable wheels", SICE, 권호, pp. 157~162, 2002
- [4] Masaaki Shibata 외, "Solution for Stereo Correspondences on Active Stereo Vision Robot", pp. 6652~670, 2004