

스테레오 영상처리를 이용한 바퀴달린 6족 로봇의 형태변형 알고리즘 구현

Implementation of Transformation Algorithm for a Leg-wheel Hexapod Robot Using Stereo Vision

이상훈*, 김진걸**
Sang-Hun Lee* and Jin-Geol Kim**

Abstract - In this paper, the detection scheme of the spatial coordinates based on stereo camera for a Transformation algorithm of an Leg-wheel Hexapod Robot is proposed. Robot designed as can have advantages that do transfer possibility fast mobility in flat topography and uneven topography through walk that use wheel drive. In the proposed system, using the disparity data obtained from the left and right images captured by the stereo camera system and the perspective transformation between a 3-D scene and an image plane, depth information can be detected. Robot uses construed environmental data and transformation algorithm, decide wheel drive and leg walk, and can calculate width of street and regulate width of robot.

Key Words : Stereo vision, Hexapod, Leg-wheel, mobile robot, Transformation algorithm

1. 서 론

로봇은 다리를 가진 보행 로봇과 바퀴 달린 모바일 로봇으로 크게 나눌 수 있다. 보행로봇으로는 혼다사의 Asimo나 SONY의 Qrio등과 같은 휴머노이드 로봇과 아이보 같은 4족 로봇이 있다. 그러나 이러한 로봇은 기본적으로 다 관절 시스템이기 때문에 해석상에 어려움이 많을뿐더러 로봇 구동에 필요한 전력 수급이 원활하지 못한 것이 문제점으로 지적되고 있다.

바퀴 달린 로봇들은 장애물을 회피하는 하는 등의 원활한 이동을 기초로 손쉽게 개발되어 이용되고 있다. 그러나 이러한 로봇들은 이동하는 경로에서 턱과 같은 장애물을 만나면 그 턱을 넘어가기가 어렵게 되기 때문에 로봇의 움직임에 제약을 갖게 된다. 또한 일반적으로 몸체에 바퀴가 고정된 형태이기 때문에 바닥이 자신의 바퀴간 거리보다 좁은 길에서 이동하는 것이 불가능해진다.

이렇게 대별되는 두 개의 이동로봇의 분류를 보면, 평지 이동에서는 모바일 로봇이 보다 많은 이득을 가지고 있고, 계단이나 장애물을 가지고 있는 경우에는 보행 로봇이 장점을 가진다. 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 제안하며, 스테레오 영상 처리를 이용하여 환경을 인식하고, 환경에 맞는 구동 방법과 로봇 형태를 결정하여 효율적인 로봇의 구동이 가능하게 하였다.

이 로봇은 기본적으로 6족의 다리를 가지고 있으며, 외곽의 4개의 다리의 끝에 바퀴 모듈을 장착하였다. 다리의 끝에 바퀴모듈이 장착되어 있어 바퀴의 위치를 자유롭게 조절할 수 있게 하였다. 스테레오 영상처리로 얻은 환경 정보를 이용하여 바퀴로의 이동이 불가능하다고 판단되는 지형에서는 바퀴 모듈을 정지시키고 다리를 이용한 보행을 통해 이동하게 되므로 이동 능력과 주변 지형에 대한 적응력이 향상되게 하였다.[1]

표 1은 서로 다른 구동 방식에 따른 특징 비교이다. 영상 처리 및 센서 감지 성능을 높이기 위해서는 로봇의 자세안정이 중요하다. 따라서 변형 가능하며 바퀴와 보행이 동시에 가능한 로봇의 기구학적 구조의 특징은 많은 장점을 가지고 있음을 알 수 있다.[2]

	지형 적합성	에너지 효율성	이동 속도	장애물 극복	자세 유지
보행	○	x	x	△	△
무한궤도	△	△	△	x	x
바퀴 구동	x	○	○	△	x
바퀴와 보행	○	○	○	△	△
변형 가능한 바퀴와 보행	○	○	○	○	○

표 1. 로봇의 기구학적 구조에 따른 특성 비교

저자 소개

* 이상훈 : 인하大學 電氣工學科 碩士課程

** 김진걸: 인하大學 電子電氣工學部 正教授

2. 본 론

2.1 로봇의 기구적 구성

로봇은 CAD를 이용하여 3D 형태로 설계하였고, 본체를 가볍게 하기 위해 알루미늄을 사용하였다. 34개의 자유도를 가지며 각 관절은 150도의 넓은 동작범위를 가지고 있다. 그림 1은 CAD를 이용한 3D 모델링과 각 관절의 구조를 나타내고 있다. 그림 2는 실제 로봇의 모습이다.

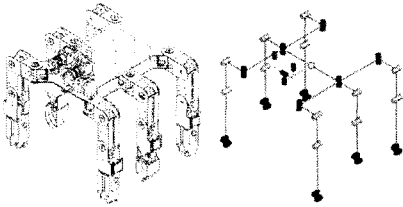


그림 1. CAD를 이용한 3D 모델링과 기구적 구조

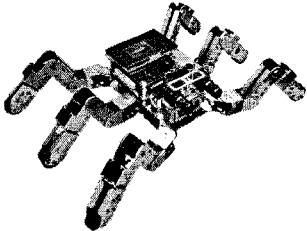


그림 2. 변형 가능한 6족 로봇 ITIBO

각각의 다리는 위치제어가 되는 5개의 디지털 서보모터로 구동된다. 서보는 회전각을 체크하는 가변저항을 장착하고 있으며, 컨트롤러는 이 회전각에 대한 정보를 이용하여 로봇 다리의 움직임 제어에 사용한다. 그림 3은 다리관절의 기구 부분을 나타낸다.

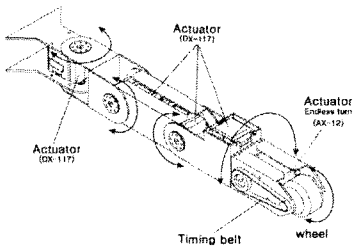


그림 3. 디지털 서보모터에 의해 제어되는 다리관절 구조

2.3 스테레오 영상 시스템

영상시스템은 보다 넓은 범위의 환경인식을 위해, Panning, Tiltting, Vergence의 총 4개의 자유도를 가지고 있으며, IEEE-1394방식의 디지털 카메라로 추가적인 Grabber 보드가 필요 없어, 기존의 아날로그 카메라보다 영상 시스템 구축이 간편해졌다. 그림 4는 스테레오 영상 시스템과 거리 측정용 초음파센서 및 적외선 센서의 모습이다.[3]

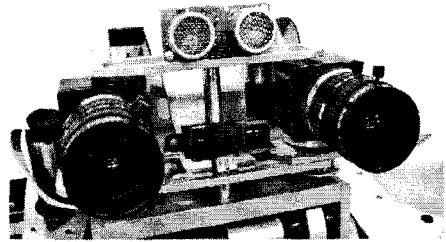


그림 4. 스테레오 영상 시스템과 거리센서들

2.4 스테레오 영상 처리

2.4.1 이동로봇의 경로 및 변형 계획을 위한 3차원 공간좌표 검출

일반적으로, 인간의 시각 구조는 대부분 수평시차에 의해 물체의 원근을 감지하게 되므로 본 논문에서는 수직시차가 거의 없고 수평시차만이 존재하는 방식을 사용하였다. 또한 카메라 사이의 간격을 인간과 유사하게 멀어뜨려 놓아 영상의 차이가 심하지 않기 때문에, 카메라 중앙의 70% 영역의 물체는 동시 감지가 되도록 하였다. 식 1과 같이 SAD(Sum of absolute difference)비용 함수를 이용하여 검출된 영상 블록간의 정합 과정을 수행하여 시차지도를 얻게 된다.[4]

$$\min_{d=d_{min}}^{d_{max}} \sum_{i=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} \sum_{j=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} |I_L[x+i][y+j] - I_R[x+i+d][y+j]| \quad (1)$$

I_L 과 I_R 은 각각 좌, 우 영상을 나타낸 것이고, $\frac{m}{2}$ 은 각 블록간의 크기를 나타낸 것이다. 또한 d_{max} 와 d_{min} 은 각 블록간 탐색할 수 있는 시차의 최대, 최소 범위를 나타낸 것이다. 식 1을 이용해 검출된 시차정보는 카메라 좌표계와 영상 좌표계 간의 원근 변환을 통해 물체와 카메라 사이의 거리를 구하고 깊이 정보를 산출하는데 이용된다.

그림 5는 로봇 전방에 존재하는 모든 물체들과의 상대위치 관계를 분석하기 위해 2.4.1에서 검출한 깊이지도의 3차원적 분석 결과이다. 이 자료를 바탕으로 로봇의 진행 경로 및 장애물에 따른 형태 변형을 결정하게 된다.[5]

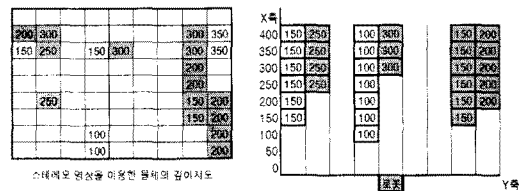


그림 5. 2차원(X,Y)공간좌표의 검출 과정의 도식화

그림 5에서 얻어진 2차원 공간좌표를 이용하여 로봇의 폭과 비교하여 진행 경로를 설정할 수 있으며, 3차원 공간좌표를 추가적으로 이용하여 로봇의 폭 조절 및 형태 변형 방식을 조정할 수 있게 하였다.

2.5 변형 알고리즘

스테레오 영상에서 얻은 물체의 깊이도를 이용하여 로봇이 진행 할 수 있는 영역을 결정하게 된다. 로봇의 변형 가능한 형태와 이동이 가능 영역을 매칭하여 부합되는 지역을 결정하고, 이동의 효율성을 고려하여 변형 방법을 선택하게 된다. 그림 6은 로봇이 이동 가능한 영역검출과 영역에 따른 변형 형태에 대한 것이다.

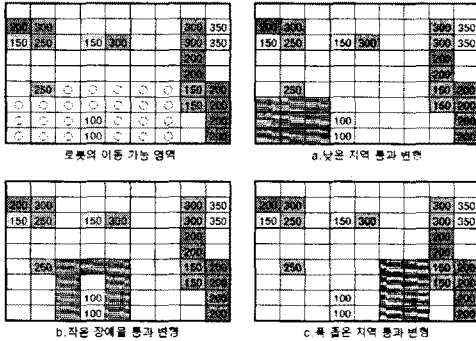


그림 6. 로봇의 이동 가능 블록 검출

그림 7과 같은 로봇의 운용 알고리즘을 이용하여 구동하였다. 이동 가능한 여러 영역이 검출되면 형태변형의 필요성을 판단하게 된다. 주어진 명령에 따라 판단 우선순위를 다르게 할 수 있다. 이동속도 우선시엔 형태변형을 최대한 줄이는 방향으로 결정되며, 에너지 효율성이 우선시 될 때는, 중력방향으로 최대한 적게 받는 형태로 결정하게 된다.

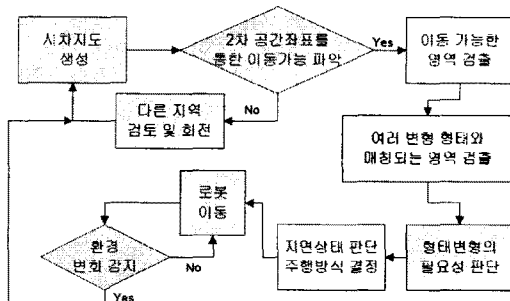


그림 7. 환경에 따른 로봇 변형 알고리즘

4. 결 과

그림 8은 스테레오 영상 이미지에서 얻은 깊이도이다. 명암의 밝기에 따라 물체의 거리정도를 알 수 있다. 이 깊이도를 이용하여 로봇이 통과 가능한 영역을 구분할 수 있다.

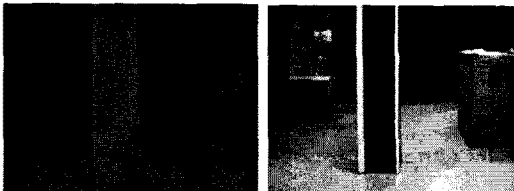


그림 8. 시차지도와 오른쪽 카메라 영상

그림 9는 이동 가능한 영역이 검출된 결과이다. 이 영역과 변형 가능한 로봇 형태의 블록과 매치시켜[6] 로봇이 이동 가능한지, 어떤 방법으로 형태를 변형해야 하는지 판단하게 된다.



그림 9. 이동 가능 영역 검출

4. 결 론

스테레오 영상 시스템을 이용한 환경 인식으로 로봇의 변형과 이동경로 생성 및 주행 방법 결정으로 독립적인 로봇의 운용을 구현할 수 있었다. 바퀴구동의 장점과 보행이동의 장점을 상황에 맞게 적절히 적용하고, 로봇의 형태를 변형함으로써 로봇의 이동성 향상을 얻을 수 있었다. 차후 영상 정보뿐만 아니라 적외선 센서 및 초음파 센서를 통해 영상정보 정확성을 높이도록 하겠다.

후 기

이 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국 학술진흥재단의 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] Atsushi Kawakami 외, "SMC Rover : Planetary Rover with transformable wheels", SICE, 권호, pp. 157-162, 2002
- [3] Masaaki Shibata 외, "Solution for Stereo Correspondences on Active Stereo Vision Robot", pp. 6652-670, 2004
- [4] M. Zayed and J. Boonaert, "Obstacles detection from disparity properties in a particular Stereo vision system configuration", IEEE, pp. 311-316, 2003.
- [5] 고정환, 김성일, 김은수, "스테레오 카메라 기반의 적응적인 공간좌표 검출 기법을 이용한 자율 이동로봇 시스템", 한국통신학회 논문지, vol.31, no. 1C, pp. 26-35, 2006
- [6] Yanghai Tsin, Sing Bing Kang and Richard Szeliski, "Stereo Matching with Linear Superposition of Layers", IEEE Computer Society, vol.28, No.2, pp. 290-301, 2006. 2.