

휴머노이드 타입의 이족 보행 로봇 제작과 Path-Finding에 관한 연구

Development the Humanoid Biped Robot and Path Finding

김 정 기*, 신 윤 덕**, 기 창 두***

Jung Kee Kim*, Yun De Shen**, Chang Doo Kee***

Abstract - We proposed the method of the production of the humanoid biped robot and apply the A* path finding algorithm, for that robot mainly used in game and mobile robot, to avoid obstacles at real time. Actually we made the robot which has 20 DOF, 12 DOF in the two legs, 6 DOF in the two arms and each 1 DOF in the neck and waist, to realize human motions with minimal DOF. And we use the CATIA V5 for 3D modeling design and simulate.

Key Words : Biped robot(이족로봇), A* algorithm(A*알고리즘), CATIA V5

1. 서론

과거의 산업 현장에서 단순 반복 작업과 인간의 보조 역할을 담당하던 로봇이 그 영역을 확장하여 산업현장 뿐만 아니라 가정, 병원, 행사장 등 다양한 분야에 활용되고 있다.

20세기에 들어 가장 활발하게 연구 개발되고 있는 분야 중 하나가 인간의 형상을 닮은 휴머노이드 타입의 이족 보행로봇이다. 휴머노이드 로봇은 인간의 형상을 모방한 로봇으로 인간이 할 수 있는 동작들을 구현하기 위해 인간과 같은 2족 2수를 가지고 있다.

로봇이 인간과 비슷한 동작을 구현하기 위해서는 32DOF가 필요하다. 하지만 로봇의 무게와 구동 메카니즘 등을 고려할 때 32DOF를 갖는 로봇을 구현하는 것은 쉽지 않다.

일반적으로 사용하고 있는 방법으로 다리에 12DOF, 팔에 6DOF를 두어 인간이 할 수 있는 최소한의 동작들을 구현하는 방법이 있다. 본 논문에서도 다리에 12DOF, 팔에 6DOF를 두었으며 좀 더 자연스러운 동작을 구현하기 위해 허리와 목에 각각 1DOF를 추가하여 설계하였다. 각 관절은 R/C서보모터를 사용하였고 로봇의 외형은 3차원 CAD툴인 CATIA V5를 사용하여 설계하였다.

본 연구에서는 휴머노이드 타입의 이족 보행 로봇을 제작함에 있어 고려되어야 할 사항을 제시하였으며, 로봇이 이동하면서 획득되어지는 Map 정보를 바탕으로, 목표점까지의 경로 설정을 위해 모바일 로봇이나 게임 등에 일반적으로 사용되고 있는 A*알고리즘을 본 로봇에 적용하여 이의 실용성을 검증하였다.

2. 기구부 설계 및 제작

2.1 기구부 설계시 고려해야할 사항

휴머노이드 타입의 이족 보행 로봇을 설계함에 있어 다음과 같은 두 가지 측면을 고려해야 한다. 하나는 이족 보행 로봇 제작에 적합한 부품을 선정하는 것이고, 다른 하나는 정 보행 또는 동보행이 가능하도록 설계하는 것이다. 본 연구에서 이를 고려하여 CATIA V5로 설계하였다.

2.2 로봇 하체 설계

휴머노이드 타입의 이족 보행 로봇에서 하체는 로봇의 동작을 결정하는 매우 중요한 부분이다. 이족 보행 로봇의 하체를 제작함에 있어 기본적으로 제기되는 고려 사항은 다음과 같다. 첫째 양발의 간격을 가능한 좁게 한다. 둘째 제한된 크기 내에서 발의 길이를 길게 한다. 셋째 발목과 골반관절의 축을 일치시킨다. 넷째 높은 토크의 액추에이터를 선택한다. 다섯 번째 모터 배치를 적절히 한다. 이 외에도 고려해야 할 사항이 많지만 위에 있는 다섯 가지만 잘 고려해도 걷는 데는 별 무리가 없을 것이다.

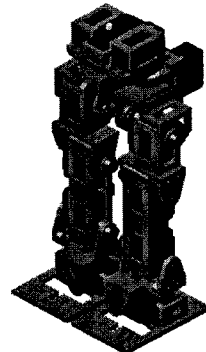


그림 1. 로봇의 하체부

저자 소개

* 金汀基 : 全南大學 機械工學科 碩士課程

** 申允德 : 全南大學 機械工學科 博士課程

*** 奇昌斗 : 全南大學 機械工學科 教授·工博

2.3 로봇 상체 설계

상체 역시 로봇의 전체적인 외형을 결정하며 안정적인 보행에 많은 영향을 주는 중요한 부분이다. 본 연구에서는 휴머노이드 타입의 로봇의 특성을 고려하여 인간에게 친근감을 주는 외형과 유지 보수가 간편하도록 설계하였으며, 팔의 자유도는 어깨 2DOF, 팔꿈치 1DOF의 총 3DOF이며 양쪽 6DOF로 구성되어 있다. 이 자유도는 사람의 움직임과 똑같이 구현할 수 없지만 최소한의 동작을 구현하고자 함이다.

그림2는 상체를 설계한 이미지와 실제 제작한 로봇의 이미지이다.

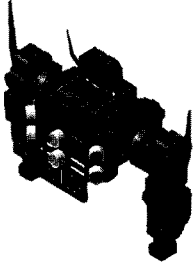


그림 2. 로봇의 상체부

2.4 각 관절간의 간섭 체크

다음으로 CATIA V5의 DMU Kinematics기능을 이용하여 각 관절간의 간섭 체크를 하였다. 이 기능을 이용함으로써 각 관절의 최대 회전각을 알 수 있고 이를 통해 간섭 등을 체크할 수 있다.

다음 표1은 DMU Kinematics를 통해 얻어낸 각 관절의 최대 회전각이다.

표 1. 각 관절의 최대 회전각

		Right		Left	
		Joint Direction		Joint Direction	
		CCW(+)	CW(-)	CCW(+)	CW(-)
Arms	Shoulder Pitch	90°	90°	90°	90°
	Shoulder Yaw	90°	53°	53°	90°
	Elbow Yaw	90°	67°	67°	90°
West	Waist Yaw	90°		90°	
Legs	Hip Yaw	26°	5°	5°	26°
	Hip Roll	10°	50°	50°	10°
	Hip Pitch	63°	71°	71°	63°
	Knee Pitch	32°	90°	90°	32°
	Horn In	83°	82°	82°	83°
	Horn Out	82°	83°	83°	82°

3. 로봇 시스템 구성

본 연구에서 제작된 로봇 시스템은 크게 3부분으로 나뉘어진다. 즉 센서를 담당하는 센서부와 모터를 구동시키는 구동부 그리고 이 모든 것들을 처리하는 연산처리부가 있다.

그림3은 로봇의 전체 시스템의 블록도이다.

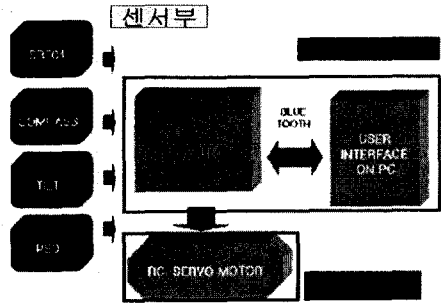


그림 3. 로봇 시스템 블록도

4. HIMM Algorithm를 이용한 Map-Building

본 연구에서는 Map-Building의 대표적인 알고리즘인 HIMM(Histogramic In-Motion Mapping)알고리즘을 이용하여 맵을 생성하였다.

HIMM 알고리즘은 맵빌딩 영역의 배열로서 각 격자에 초기 값을 주고 센서 정보에 의해 점유가 되면 가지고 있는 값을 3씩 증가시키고 비 점유시에는 1씩 감소시키는 방법을 사용한다.

그림4는 HIMM알고리즘에서 오브젝트를 매핑 시키는 방법을 제시하였다.

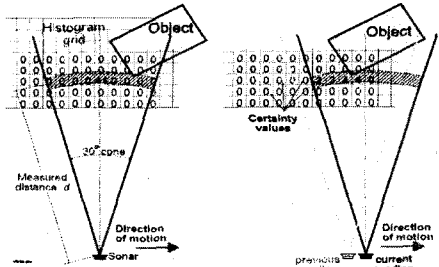


그림 4. Histogramic In-Motion Mapping

본 연구에서 제작된 로봇은 보행하는 동안 센서 값을 받아 들일수 없도록 설계 되어있다. 이 때문에 조밀하게 센싱을 할 수 없다. 이를 해결하기 위해서는 격자를 크게 하면 되지만 그럴 경우 세밀한 맵정보를 나타낼 수 없게 되고 오차범위도 그만큼 증가하게 된다.

본 연구에서는 이를 해결하기 위하여 두 가지 방법을 사용하였는데, 첫 번째는 Map-building시에 선택된 셀만을 증가시키는 것이 아니라 주변 값을 같이 증가시킨다.



그림 5. 셀 변환 방법

주변값을 증가시킬 때는 현재 값의 1/3만 증가시켜서 Anti-aliased 효과를 넣었다. 이렇게 하게 되면 맵을 세밀하게 그릴 수 있으면서 오차를 크게 줄이는데 효과적이다.

그리고 두 번째는 Mask의 크기를 5x5를 사용하여 움직임의 변화가 급격히 증가하더라도 효과적으로 물체를 추출해 낼 수 있도록 하였다.

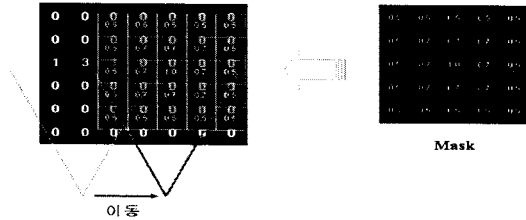


그림 6. 5x5크기의 Mask

이와 같이 한 결과, 로봇 보행 중에 센서 값을 받지 않다가, 동작이 완료된 후 센서 값을 받아도 효과적으로 Map-Building을 할 수 있었다. 이렇게 추출된 맵 정보는 임계치 이상의 값만을 이용하여 오브젝트를 구성한다. 맵이 아닌 오브젝트로 변환하는 이유는 로봇의 이동공간의 모든 영역을 배열로 구성한 것으로 인한 낭비와 잠은 후 불필요한 부분에 사용되는 많은 프로세스의 낭비를 막기 위해서이다.

5. A*알고리즘을 이용한 Path-Finding

A*알고리즘은 게임에서 최단거리를 찾기 위해 많이 사용된다. 그러나 주로 미리 알려진 맵에서 사용되기 때문에 mobile robot에 응용하기 위해서, Map-Building을 실시간으로 하는 동시에 Map에 따른 새로운 경로를 생성하는 방법을 사용한다.

A*알고리즘은 목표점까지 최적의 path를 찾도록 고안된 것으로 움직이는 동안 cost를 계산해서 다음 목적지를 결정한다. 또한, 2차원 grid-based world에 적합하다.

A*알고리즘의 수행 순서는 다음과 같다.

1. Create OPEN and CLOSED list
2. If OPEN is empty, exit with failure
3. Select the first node on OPEN, remove it from OPEN, and put it on CLOSED.
4. Call this node n
5. Investigate the near 8 nodes
6. Select the node of the lowest cost
7. If n is goal node, exit successfully.

초기의 OPEN 리스트에 맵의 모든 셀들이 들어가고 인접한 8개의 셀들을 검색하여 가장 적은 cost를 가지는 셀을 선택하여, OPEN 리스트에서 제거한다. 그리고 선택된 셀은 CLOSED 리스트로 옮긴다. 그리고 선택된 셀 중에서 가장 작은 cost를 가지는 값들은 Successor로 저장한다.

Cost를 계산하는 방법은 다음과 같다.

$$f = g + h$$

f = total cost

g = The sum of all the costs it took to get here

h = Heuristic Function

6. 실험

본 연구에서는 실제 제작한 로봇에 상용 Path-Finding 알고리즘 중의 하나인 A* 알고리즘을 적용하여 길 찾기 실험을 진행하였다. 실험에서 로봇이 보행 시 미끄러지는 현상을 줄이기 위해 자체 제작한 판 위에서 시행 하였으며, 장애물의 위치는 임의로 하여 실험하였다.

그림7에 실제 Path-Finding 하는 과정을 제시하였다.

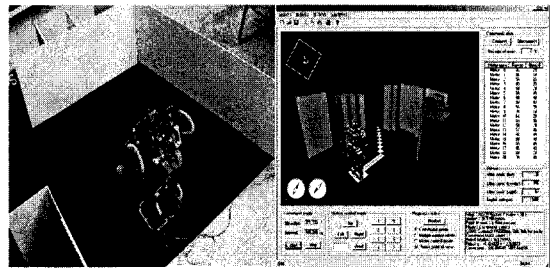


그림 7. Path-Finding 하는 과정

7. 결론

모바일 로봇에서 사용되는 맵 빌딩과 A*알고리즘을 관절 로봇에 적용하여, 이의 실용성을 검증하였다. 그러나 정밀도에 있어서는 Mobile robot에 비해 많이 떨어짐을 보였다. 이러한 이유는 모바일 로봇의 경우는 로봇이 이동 거리와 회전 각을 정확히 알 수 있지만 보행 로봇의 경우는 정확한 로컬 라이제이션을 할 수 없어 오차가 발생한 것으로 판단된다. 향후 이 문제만 해결 된다면 보다 정확한 Map-Building 및 Path-Finding이 가능할 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- [1] Yamasaki, F., Miyashita, T., Matsui, h. "PINO The humanoid : A Basi Architecture.", Proc. Of the Fourth International Workshop on RoboCup, 2000
- [2] Borenstein, J, and Koren, Y., "Histogramic In-Motion Mapping for Mobile Robot Obstacle Avoidance." IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol. 7, No.4, 1991
- [3] Andre LaMothe, "OpenGL Game Programming"
- [4] 김동진, "RTOS와 R/C서보모터를 이용한 엔터테인먼트 이족 보행 로봇 설계 및 구현"
- [5] 이석순, 황영진, 김효진, "CATIA V5 기초와 응용", 과학기술, 2003