

다관절 무한궤도를 가진 QuadTrack 의 자세 안정성 연구 A Study on the Stability of the QuadTrack with Articulated Tracks

*#신호철, 정경민, 서용철, 이성욱, 정승호

*#H. Shin(smarthc@kaeri.re.kr), K. M. Jeong, Y.C. Seo, S. U. Lee, S.H. Jung
한국원자력연구원

Key words : Mobile Robot, Modular Track, Articulated Track, Stability, Uneven Terrain

1. 서론

위험물 처리 또는 재난환경 인명탐색을 로봇이 수행하기 위해서는 비평탄 험지에서 이동이 많이 요구된다. 비평탄 험지는 실내 또는 포장도로와는 달리 로봇과 지면과의 접촉 조건이 균일하지 않기 때문에 원하는 방향으로 이동하지 못할 수 있고 주행력을 상실할 수도 있으며 경우에 따라서는 로봇이 불안정해질 수 있다. 이를 방지하기 위해서는 로봇의 주행 구동부와 지면과의 접촉을 유지하는 것이 매우 중요하다. 이를 위해서 무한궤도 트랙을 이용하여 지면과의 접촉 면적을 늘이는 방법이 주로 사용되고 있으며 TALON 의 경우 2 개의 무한 궤도만으로 험지에서 높은 주행 능력을 가진다. 험지 이동성을 더욱 높이기 위해서 몸체 전방에 플리퍼(Flipper)를 장착한 Urbie, Packbot 과 같은 로봇이 개발되어 활용되고 있으며 최근에는 Chaos, UMRS 와 같이 4 개의 플리퍼를 장착한 로봇들도 개발되고 있다. 이와 같은 로봇들은 무한궤도를 구동부 및 동력전달부가 몸체 내에 위치하게 되므로 몸체 내부의 많은 공간을 차지하게 된다. 무게중심이 몸체에 있게 되어 플리퍼를 이용하여 몸체를 상승시킬 때 무게중심위치 역시 동일하게 상승하여 전복 등의 불안정성이 증가할 수 있다.

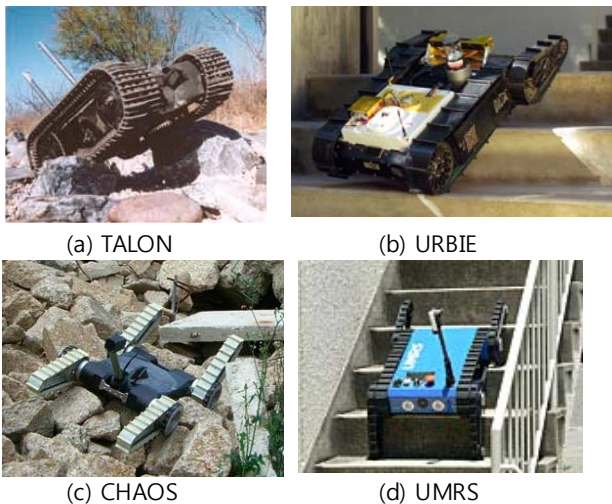


Fig. 1 Mobile Robots with Track Mechanism

건물 붕괴 등의 재난 현장에서 인명탐색, 정보 수집 등을 목적으로 개발되고 있는 QuadTrack 은 무한궤도의 구동부를 일체화 모듈화함으로써 동력전달부가 간소화되어 있다. 이로 인해 무한궤도의 중량이 상대적으로 증가하게 되고, 따라서 몸체가 상승할 경우에도 무게 중심 위치를 비교적 낮게 유지할 수 있다.

또한 무한궤도를 전방 또는 후방으로 움직임에 따라서 무게중심위치를 전방 또는 후방으로 옮기는 효과를 낼 수 있으며 이를 이용하여 지면 반력을 조절할 수가 있다.

하지만 무한궤도를 이동에 따른 무게중심 위치의 변화로 인해 불안정한 자세에 이를 수 있다.

본 논문에서는 개발 중인 QuadTrack 의 구성을 소개하고 그 안정성 제어 방법을 제시한다.



Fig. 2 The QuadTrack Climbing up Rocks

2. QuadTrack 의 구조

QuadTrack 의 무한궤도 기구는 Fig.3 과 어태치먼트 체인(Attachment Chain)에 고무 패드를 부착한 형태로 무한궤도를 구성하고 있으며 고무 패드는 다양한 형태와 재질로 변경할 수 있다.

무한궤도 기구내부에는 200W 급 BLDC 모터가 2 개 장착되어 있으며 각각 무한궤도 체인의 구동 및 암 관절을 구동한다. 모터에 유성기어와 워엄 기어를 직렬로 연결함으로써 높은 토크를 발생시킬 수 있다. 또한 BLDC 모터 제어기가 내장되어 있어서 전원선과 CAN 통신 선 연결만으로 동작이 가능한 모듈화 구조를 가지고 있다. 모터 제어기는 CAN 기반 표준 프로토콜인 CANOpen 으로 제어되기 때문에 다양한 모터제어기와 호환성을 가진다. 암 관절에는 슬립 링(Slip Ring)이 부착되어 무한 회전이 가능하며 암 관절의 회전각 측정을 위해서 회전식 포텐시오미터(Potentiometer)가 2 개 부착되어 있다.

이와 같이 무한궤도를 모듈화함으로써 몸체 내부가 단순해지고 구동부 고장 시 쉽게 교체가 가능하다.

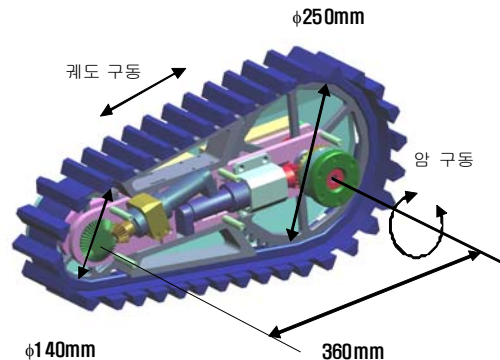


Fig. 3 Modular Track Mechanism

QuadTrack 은 상기와 같은 트랙 모듈을 4 개 부착하여 Fig.4 와 같이 구성되었으며 몸체의 크기와 형태는 적용환경에 따라 쉽게 변경이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

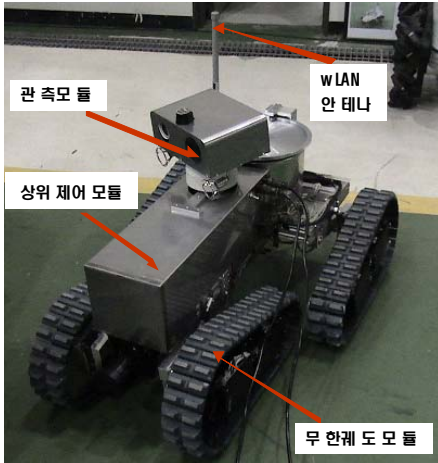


Fig. 4 The QuadTrack

3. 안정성 제어 방법

QuadTrack 몸체에는 3 축 가속도계인 SCA3000-E04 가 내장되어 있어서 이를 이용하여 임의의 정지 자세에서의 경사를 측정할 수 있다.

Table 1 Performance of SCA3000-E04

Parameter	Value	Units
Acceleration range	6	g
Sensitivity	500	Count/g
Bandwidth	38	Hz
Offset error	0.2	g

초기에 QuadTrack 이 안정된 정지 상태에 있다고 할 때 Fig.5 와 같이 측정된 몸체의 경사와 아암 관절의 회전각으로부터 몸체와 각 모듈의 무게 중심과 중량으로부터 전체의 무게중심 COG 의 위치와 중력 방향을 알 수 있다. 지면을 평지로 가정함으로써 QuadTrack 과 지면과의 접촉위치를 추정할 수 있다.

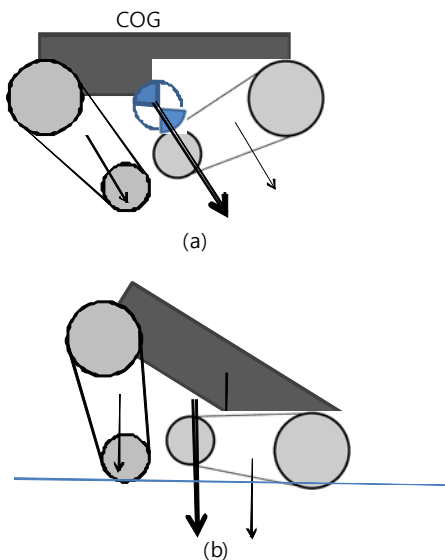


Fig. 5 Estimation of Contact Surface

실제 지면이 평면인지 확인하고 지면과 궤도와의 면접촉을 확인하기 위해서 지면과 궤도면이 일치하도록 Fig. 6(a)와 같이 무한궤도 아암을 회전시킨다. 이때 몸체 경사가 변하지 않을 경우에는 추정된 지면이 실제 함을 확인할 수 있으며 Fig.6(b)와 같이 몸체의 경사가 변할 경우 실제로는 평면이 아님을 알 수 있다.

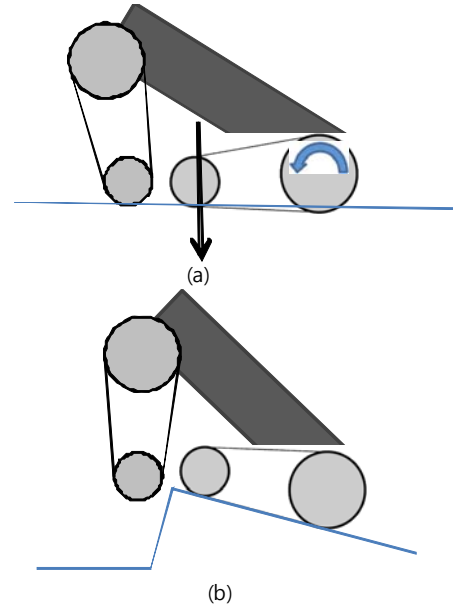


Fig. 6 Confirmation of Contact Surface

이와 같이 아암 회전에 의해 지면의 상태를 확인할 수 있으며 확인된 지면에서 조작자의 지령에 의해 아암을 구동할 때 ZMP(Zero Moment Point)를 구함으로써 안정성을 판단할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 무한궤도 모듈을 4 개 장착한 QuadTrack 을 소개하였다. 무한궤도 모듈 내에 구동부와 제어기가 내장됨으로써 무한궤도가 상대적으로 큰 중량을 차지하므로 무한궤도의 위치에 따라 무게중심위치가 가변된다. 3 축 가속도 센서를 이용하여 몸체의 경사를 구하고 아암 구동을 통해 접촉면을 추정함으로써 안정된 자세 제어를 하는 방안을 제시하였다.

후기

본 연구는 지식경제부의 지능형로봇개발사업의 일환으로 수행되었음.

참고문헌

1. Paul E. Sandin, Robot Mechanisms and Mechanical Devices Illustrated, McGraw-Hill, 2003.
2. Casper, J. and Murphy R.R., "Human-Robot Interaction during the Robot-Assisted Urban Search and Rescue Response at the World Trade Center," IEEE Trans. On SMC, Vol.33, No.3 pp.367-385, 2003.
3. www.packbot.com
4. www.autonomoussolutions.com
5. Miyanaka, H. Wada, N. Kamegawa, T. Sato, N. Tsukui, S. Igarashi, H. Matsuno, F., "Development of an unit type robot "KOHGA2" with stuck avoidance ability", IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 3877-3882, 2007.
6. K. Jeong, J. Kang, G. Lee, S. Lee, Y. Seo, S. Jung and S. Kim, "A Remotely Operated Robotic System for Urban Search and Rescue," ICCAS 2006.
7. Shailesh Lakkad, Modeling and Simulation of Steering Systems for Autonomous Vehicles, Dissertation for Master of Science, The Florida State Univ., 2004.