

자이로 효과를 이용한 자이로 삼발이 균형제어

Balancing Control of a Gyrocart Using Gyroscopic Effect

○하 민 수¹, 정 슬^{2*}

¹⁾ 충남대학교 메카트로닉스공학과 (TEL: 042-821-7232, E-mail: sdcon.lee@cnu.ac.kr)

²⁾ 충남대학교 메카트로닉스공학과 (TEL: 042-821-6876, E-mail: jungsl@cnu.ac.kr)

Abstract In this paper, the implementation and the balancing control of a Gyrocart is presented. The human carried cart with a single wheel is used for carrying objects in the narrow and small areas. However, the balancing control by two hands becomes difficult when the load is not balanced. Therefore, the feasibility study of applying gyroscopic effect to the cart is proposed. Experimental studies of the balancing control performance of the Gyrocart are conducted to verify the feasibility of the proposal.

Keywords Gyroscopic effect, Gyrocart, balancing control, gain scheduling

1. 서론

로봇은 인간에게 도움을 주는 목적으로 다양한 형태로 개발되어 여러 분야에서 쓰이고 있다. 자이로 효과를 이용하는 한 바퀴 구동 로봇은 운송수단으로 또는 탐사용으로 사용되고 있다 [1].

자이로 효과는 한 바퀴 구동 로봇의 균형을 유지하는 핵심기술로 균형제어가 필요한 시스템으로 확장이 가능하다.

따라서 본 논문에서는 손으로 물건을 나르는 삼발이에 자이로 효과를 응용하고자 한다. 삼발이는 두 손으로 균형을 유지하는 시스템으로 외바퀴와 같이 한 바퀴만 지면에 닿아 움직인다. 삼발이에 실린 물건의 불규칙한 분포가 균형에 영향을 미쳐 삼발이가 좌우로 넘어지는 경우가 빈번하게 발생한다.

이러한 불편함을 해소하고자 자이로 효과를 사용하여 삼발이의 균형제어를 하였다. 자이로 삼발이의 제작과 PD제어와 Gain Scheduling을 통한 제어를 실험을 통해 검증하여 가능성을 확인하였다.

2. 자이로 삼발이

그림 1은 자이로삼발이의 전체 시스템이다. 자이로 효과를 발생시키려면 김벌 구조가 필요하다. 자이로삼발이는 하단부에 2자유도를 가지는 김벌이 있다 [2].

자이로효과는 김벌 중앙에 있는 플라이휠이 고속회전하고 있을 때 플라이휠 축과 수직인 축 방향으로

움직임을 주면 세차운동에 의해 플라이휠 축에 수직인 또 다른 축 방향으로 회전력이 발생하는 것을 말한다 [3,4]. 따라서 자이로 효과는 출력으로 요방향의 움직임을 생성한다.

자이로삼발이의 김벌은 플라이휠과 베어링, 플라이휠모터, Round-Belt, Pulley로 구성된다. 김벌은 플라이휠과 수직인 축으로 360도 회전이 가능하게 되어있다. 이 축은 belt pulley와 belt를 사용하여 틸트모터와 연결된다. 틸트모터는 김벌을 기울이는 역할을 하며, 틸트모터의 제어를 통해 자이로삼발이의 균형제어를 한다. 표 1은 자이로 삼발이의 제원을 나타낸다.

표 1. 자이로삼발이 제원

Gyrocart Specification	Value
Microprocessor	TMS 320F28335
Sampling Time(hz)	100Hz
Mass(kg)	21
Diameter(m)	1.31
Width(m)	0.5



그림 1. 자이로효과를 이용한 삼발이

자이로삼발이에는 후드가 있는데 이 후드는 물건을 실을 때 사용된다. 그림 1를 보면 김벌은 후드 밑에 위치하고, 제어부도 김벌 옆에 위치하게 된다.

그림 2는 롤 방향의 제어블록을 보여주고 표 2는 그에 따른 제어방식을 보여준다.

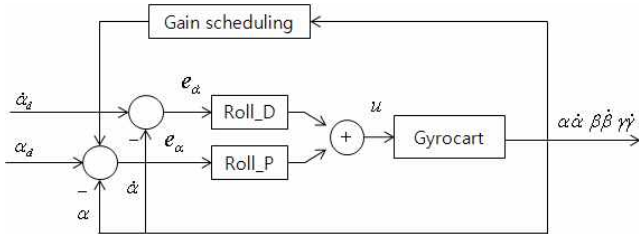


그림 2. 제어구조

표 2. 자이로삼발이의 상태에 따른 제어방식

Angle	Angular	Control Method
Left	Left	PD
Left	Right	P
Right	Left	P
Right	Right	PD

3. 시스템 분석과 검증

자이로 카트의 균형제어 실험을 위해 그림 3과 같이 설치하였다. 초기에 손으로 균형을 유지하여 균형각도를 정한 다음, 손을 놓아 균형제어를 하도록 하였다. 표 3은 실제로 사용한 게인들이다.



그림 3. 실험환경

표 3. Gain scheduling values

Tilt Angle error	Feedback Angle
0.71453	-0.005236
0.104719	-0.00404
0.069813	-0.003691
0.034906	-0.003018
0.0174532	-0.002045
0	Feedback Angle/2
-0.71453	0.005236
-0.104719	0.00404
-0.069813	0.003691
-0.034906	0.003018
-0.0174532	0.002045

표 2는 실험을 통해 김벌의 틸트 각도에 따른 균형각도의 보상값을 나타낸 것이다. 그림 4는 자이로 카트가 실제로 균형을 유지하고 있는 모습이다.



그림 4. 실험결과

4. 결론

본 논문에서는 자이로삼발이를 제작하였고, 자이로삼발이의 균형각을 제어하였다. 자이로삼발이는 삼발이에 자이로 효과를 적용하여 무거운 짐을 실어 나를 때 사용자의 균형을 유지하려 하는 것을 도와 넘어지지 않게 보조해주는 역할을 하는 로봇이다. 균형제어 실험을 통해 자이로삼발이가 균형을 유지하는 것을 확인하였고 이를 통해 사람이 자이로삼발이를 사용할 때 자이로효과를 통해 좌우로 잘 넘어지지 않는다는 것을 검증하였다.

감사의 글

본 논문은 2013년 한국연구재단 일반연구지원(NRF-2010-0024904)과 2014년 한국연구재단 기초연구(NRF-2014R1A2A1A11049503)의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] T. Saleh, Y. H. Hann, Z. Zhen, A. A. Mamun, and V. Prahlad, "Design of Gyroscopically Stabilized Single-Wheeled Robot", *IEEE Conf on Robotics Automation, Mechatronics*, pp. 904-908, 2004.
- [2] J. H. Park, and S. Jung. "Development and control of a single-wheel robot: Practical Mechatronics approach." *Mechatronics*, vol. 23, no. 6, pp. 594-606, 2013.
- [3] J. H. Park, and S. Jung "Experimental Studies of Forward and Backward Driving Control of a single wheeled Mobile Robot : GYROBO", *ISST 2011*.
- [4] Y. S. Xu and K. W. Au, "Stabilization and Path Following of a Single Wheel Robot", *IEEE/ASME Trans. on Mechatronics*, vol. 9, no. 2, pp. 407-419, 2004.