

## 외바퀴 이동 로봇의 도전적 주행 성능의 실험적 연구

### Experimental Studies on Aggressive Driving Control Performances of A Single-wheel Mobile Robot

○박준형, 하민수, 정슬\*

\* 충남대학교 메카트로닉스공학과 지능시스템 및 감성공학 실험실  
(TEL : 042-821-6876; E-mail: jungs@cnu.ac.kr)

**Abstract** This paper presents an aggressive driving control performance of a single-wheel mobile robot. A single-wheel mobile robot uses a gyro effect to make balancing. In addition to the balancing control performance, a single-wheel mobile robot is tested to pass over the obstacle as well as to move back and forth. Experimental studies of aggressive driving control performances are demonstrated.

**Keywords** A single-wheel mobile robot, aggressive driving control

#### 1. 소개

로봇은 인간에게 도움을 주는 목적으로 다양한 형태로 개발되어 여러 분야에서 쓰이고 있다. 다양한 로봇 중에 이동로봇은 우리 생활에 가장 밀접한 로봇이다.

이동로봇은 네 바퀴 형태의 자동차 구조가 대부분이지만 최근에 전기자동차의 출시로 이동로봇에 대한 관심과 연구가 더욱 증가하고 있다.

최근에는 두 바퀴 및 한 바퀴 형태의 이동로봇에 대한 연구가 한창이다. 바퀴의 수가 줄어들면 좁은 공간에서의 이동성은 나아지지만 제어가 더 어렵게 된다. Segway 와 같은 탑승형 이동로봇은 두 바퀴 구동형 이동로봇의 대표적인 응용 사례이다.

한 바퀴형태의 로봇은 크게 두 종류로 나눌 수 있다. 구형으로 마찰 구동으로 자세를 제어하는 방식 [1] 과 바퀴 형태로 자이로 효과에 의해 자세 제어를 하는 방식이다 [2].

본 논문에서는 자이로 효과를 이용하여 자세를 유지하는 자이로보(GYROBO) 시스템을 구현하였다. 여러 번의 모델 수정을 통해 플라잉 휠의 진동을 줄여 밸런싱 성능을 높였다. 밸런싱 제어뿐만 아니라 전후진 주행 그리고 장애물 통과와 같은 모험적인 실험을 수행한다.

#### 2. 외바퀴 로봇 시스템

그림 1은 자이로보 시스템을 나타낸다. 이전 모델로부터 다음과 같은 변경을 하였다.

- 1) **배터리 장착** : 자유로운 주행이 가능하도록 좌우에 18.5V 배터리를 각각 장착하였다.
- 2) **모터 드라이버** : 전류 허용량이 부족하여 과열

이 되던 기존 드라이버(20A)를 고용량 드라이버(50A)로 교체하였다.

3) **틸트 모터** : Flywheel의 틸팅 제어를 위해 엔코더가 장착된 DC모터로 변경하였다.

4) **Flywheel gimbal** : 알루미늄의 짐벌을 새로 제작하고 본체로의 연결부를 새로 설계하여 진동을 줄일 수 있도록 하였다.

5) **센서** : 1축 자이로 센서를 3축 자이로 센서로 교체하였다.

자이로보는 휠이 좌우(roll 방향)로 넘어질 때 자이로스콥프 이펙트에 의해서 지면의 좌우방향(yaw)으로 휠을 틀어주어 균형을 잡게 된다. 따라서 균형제어를 할 때 yaw방향으로 움직임이 발생하게 되고, 3축 자이로 센서를 사용함으로써 yaw 방향 각속도 값을 제어기에 추가하였다. 센서 자체에 필터처리가 되어있어서 센서 신호에 대한 다른 처리는 하지 않았지만 중간 중간 발생할 수 있는 잡음을 걸러내기 위해 100 deg/sec 이상의 변화 값이 들어오면 이전 기울기 값을 사용하도록 설정하였다.

표1은 자이로보 시스템의 제원을 나타낸다.

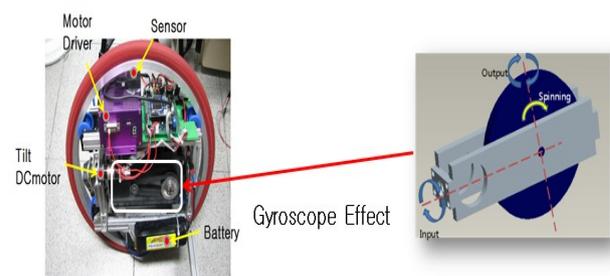


그림 1 자이로보 시스템

표 1 자이로보의 제원

| Gyrobo Specifications   | Value   |
|-------------------------|---------|
| Mass(Kg)                | 11.2    |
| Diameter (m)            | 0.45    |
| Width (m)               | 0.15    |
| MCU                     | DSP2812 |
| Remote control          | Zig-bee |
| Sampling time(Hz)       | 50      |
| Flywheel Specifications | Value   |
| Mass(Kg)                | 2.1     |
| Diameter (m)            | 0.15    |
| Width (m)               | 0.017   |
| Speed(rpm)              | 5,700   |

### 3. 밸런싱 제어

자세제어를 위해서 선형제어기를 사용한다. 제어입력  $u$ 는 다음과 같다.

$$u = k_{rp}e_{\beta} + k_{rd}\dot{e}_{\beta} - k_{yd}\dot{\alpha}, \quad (1)$$

여기서,  $e_{\beta} = \beta_{ref} - \beta$ ,  $\beta$ 는 기울어진 각도,  $\alpha$ 는 yaw각도 그리고  $k_{rp}, k_{rd}, k_{\alpha}$ 는 제어기 이득값이다. 그림 2는 자세제어의 블록 다이어그램을 나타낸다.

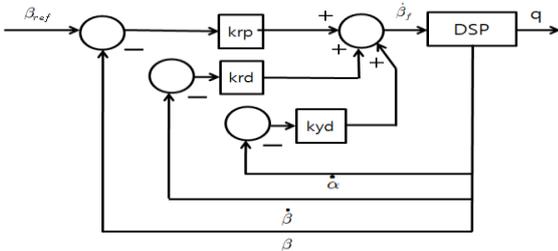


그림 2. 자세 제어 블록 다이어그램

### 4. 실험결과

#### 1. 전진 후진 주행 실험

전진과 후진 주행을 실험하였다. 후진 시는 전진 시의 계인 값에 0.7을 곱해주었다.

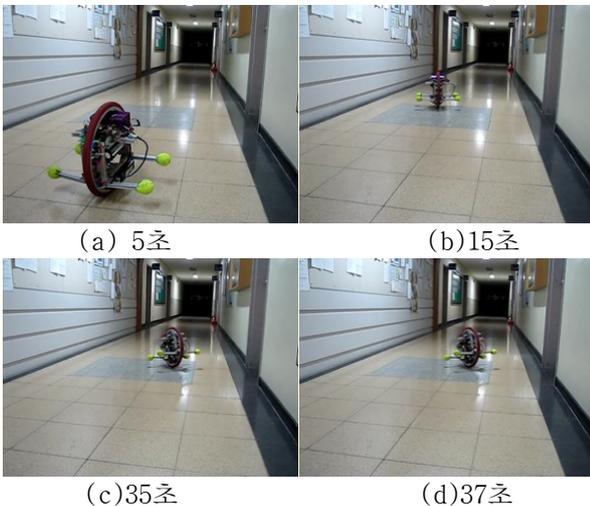


그림 3. 전진 후진 주행 실험

그림 3은 전후 밸런싱 움직임을 나타낸다. 자이로보가 균형을 유지하며 앞뒤로 잘 움직이는 것을 확인하였다.

#### 2. 장애물 통과 실험

자이로보는 내부 프레임의 무게 중심 이동을 통해서 주행을 하기 때문에 주행 자체의 힘을 크게 만들 수 없다. 현재의 시스템에서 자이로보의 경사로 통과가 가능한지를 실험하기 위해서 작은 경사로를 제작하고 실험을 진행하였다. 경사로의 기울기는 22도로, 도입부의 길이가 300mm, 높이가 80mm이다.

경사로를 넘어갈 수 있는 충분한 힘을 만들기 위해 직진 주행구간을 길게 해서 속도를 충분히 올려주고 경사로 통과를 시도하였다. 그림 4에 성공적인 장애물 통과 실험 결과가 나타나 있다.

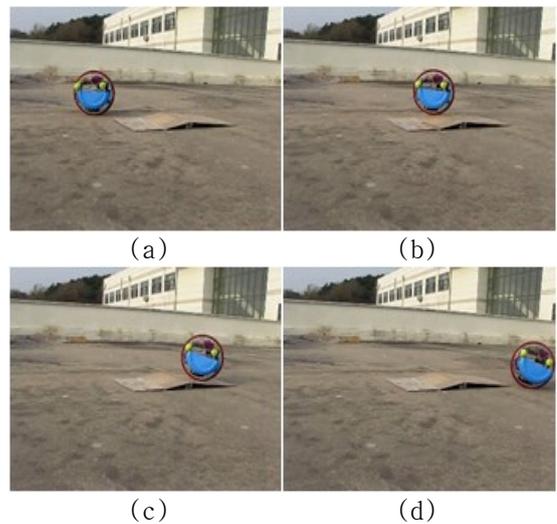


그림 4. 경사로와 경사로 통과 동영상

### 5. 결론

본 논문에서는 자이로스코프 이펙트를 이용한 바퀴로봇의 자세 제어 및 주행 제어 실험하였다. 이전 실험에서의 하드웨어적 문제와 3축 자이로센서의 보안을 통해 더 안정적인 균형제어 실험을 완수하였다. 균형제어가 안정화됨에 따라 주행 실험이 가능해졌고, 직진, 후진 주행 및 장애물 넘기 주행 실험을 수행하였다. 실험을 통하여 자이로스코프 이펙트를 이용해서 바퀴의 균형제어가 가능하다는 것을 입증하였다. 플라이휠의 지름과 두께를 크게 하고, 속도를 높이면 자이로스코프 이펙트를 크게 할 수 있다.

#### 감사의 글

본 논문은 2011년도 한국연구재단의 특장기초 일반연구자 지원사업의 일부와 지식경제부의 융복합형 로봇전문인력 양성사업의 “자율지능형 매니플레이션 연구센터(AIM)”를 통하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

[1] Y. S. Xu and Y. S. Ou, “Control of single wheel robots”, Springer, 2005.