

논문 2007-44SC-4-6

한 바퀴로 구동하는 로봇 GYROBO의 구현

(Implementation of Single-Wheeled Robots : GYROBO)

김 필 교*, 김 연 섭*, 정 슬**

(Pilkyo Kim, Yeonseop Kim, and Seul Jung)

요 약

본 논문에서는 한 바퀴로 구동하는 로봇 GYROBO를 제작하고 하드웨어를 구현하였다. 한 바퀴로 구동하는 로봇은 디스크와 같은 모양이고 자이로 움직임에 의해 균형을 잡는다. GYROBO는 스핀 모터, 기울기 모터, 그리고 드라이브 모터 등 3개의 구동기로 구성되어 있다. 스핀 모터는 고속으로 플라이휠을 구동하여 로봇이 균형을 잡을 수 있도록 한다. 틸트 모터는 자이로 움직임에 따라 로봇의 조향을 조절한다. 드라이브모터는 종방향 움직임을 조정한다. 몇 개의 모델을 디자인하였다. GYROBO의 움직임을 실험을 통해 검증하였다.

Abstract

In this paper, a single-wheeled robot called GYROBO is built and its hardware is implemented. The single-wheeled robot is similar to a rolling disk relying on gyroscopic motions to maintain its balance. The GYROBO consists of three actuators: a spin motor, a tilt motor, and a drive motor. The spin motor spins a flywheel at a high rate so that it provides the balancing stability to upright the robot. The tilt motor controls steering of the robot by gyroscopic effect. The drive motor makes forward accelerated motion to the robot. Several models are designed. Experimental works of the GYROBO to turn and move forward have been presented.

Keywords : Gyroscopic motion, single-wheeled robot

I. 서 론

최근에 로봇에 대한 관심과 연구가 확대됨에 따라 서비스 로봇 분야 많은 진전이 있었다. 서비스 로봇의 근간을 이루는 이동로봇에 대한 연구는 simultaneous localization and Mapping(SLAM)문제를 해결하고자 노력하고 있다. 하지만 모든 문제를 해결하는 SLAM에 대한 해결방안이 제시되지 못하고 있는 실정이다.

이동로봇의 다른 연구 분야로는 이동부의 기구적인 설계가 다른 옴니 방향 로봇이나 무한궤도형태 등 구

동 메커니즘에 대한 연구도 활발하다. 최근에는 기존의 안정적인 구동 메커니즘 방식에서 다소 불안정한 구동 방식에 대한 연구도 진행되고 있다. 바퀴 두 개로 움직이는 자전거 형태의 로봇에 대한 연구를 비롯하여 이제는 바퀴 하나로 움직이는 디스크 형태의 로봇에 대한 연구가 진행되고 있다^[1-9].

바퀴하나로 움직이는 로봇의 경우에는 구동과 균형 잡기를 모두 바퀴 하나로 해결해야 하므로 모터 선정이나 몸체 설계 등 메커니즘이 매우 중요하다^[1,2]. 하나의 로봇 시스템을 완성하기 위해 많은 시행착오 과정을 거친 것을 볼 수 있다. 미국 카네기 멜론 대학에서는 GYROBOT I, II and III을 계속적으로 수정 보완하여 만들어 내었다. 홍콩대학에서는 계속적인 모델을 수정 보완하고 개발하여 최근에 독립적으로 주행할 수 있는 한 바퀴로봇을 만들어 주행에 성공하였다^[6].

이처럼 GYROBOT을 완성하기 위해 여러 번의 시

* 학생회원, ** 정회원, 충남대학교 BK21 메카트로닉스 그룹, 지능 시스템 및 감성 공학 실험실 (Intelligent Systems and Emotional Engineering (I.S.E.E)Lab., BK21 Mechatronics group, Chungnam National University.)

※ 본 연구는 2006년 학술진흥재단 지역대학 우수과학자 지원사업으로 수행하였으며, 이에 감사드립니다.
접수일자: 2007년4월27일, 수정완료일: 2007년6월4일

행착오를 거치는 이유는 한 바퀴로봇이 가지는 구조적인 특성이 있기 때문이다. 구동기를 포함하는 모든 설계가 바퀴 안에 내장되어야 하는 메커니즘의 구속 조건 때문이다. 구동을 위해서는 모두 3개의 모터가 필요한데 하나는 앞으로 굴러가기 위한 것이고, 다른 하나는 플라이휠을 회전시키고 다른 하나는 플라이휠 회전에 의해 발생하는 자이로 모션을 통해 균형을 잡기 위한 것이다. 이밖에도 제어기와 센서 그리고 전원부를 설계해야 한다. 외부전원이 없이도 내부적으로 해결해야 하며, 균형을 유지하기 위한 다양한 장치들의 하우징을 통한 배치 등이 설계에 있어 매우 중요하다.

본 논문에서는 한 바퀴로 구동하는 GYROBO의 여러 모델을 제작하여 실험하여 보았다. 우선 자이로 모션이 발생하는 가를 여러 실험을 통해 확인해 보았고, 1차 모델에서 발생한 문제점을 보완하여 2,3차 모델을 만들었다. 최종 모델의 실험은 양쪽에 보조 바퀴를 달아 측면으로 넘어지는 경우를 방지하고 실험하였다. 무선 조정기를 제작하여 원격으로 GYROBO가 앞 방향으로 회전하면서 방향을 선회하는 실험을 하였다. 실험 결과 GYROBO는 성공적으로 방향을 선회하였다.

II. 시스템 모델링

2.1 GYROBO 좌표

아래 그림 1은 GYROBO의 좌표를 나타낸다. 표1은 모델의 변수를 나타낸다^[4].

좌표축 [X,Y,Z]에서 원점 O에서 임의의 점 C로의 좌표변환 행렬은 다음과 같다.

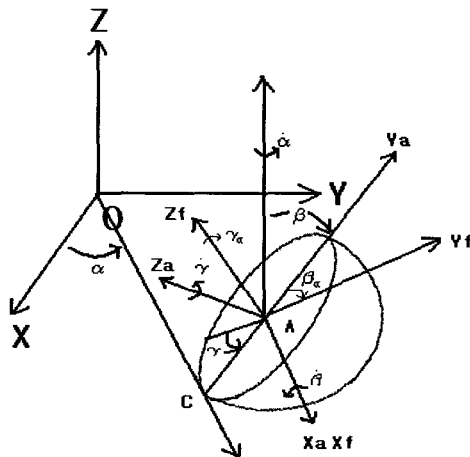


그림 1. GYROBO 좌표계
Fig. 1. Coordinates of GYROBO.

표 1. 모델 변수

Table 1. Model parameters.

α, α_a	wheel과 플라이휠의 precession angle
β	wheel의 lean angle
β_f	플라이휠의 tilt angle
γ, γ_f	wheel과 플라이휠의 spin angle
m	wheel과 플라이휠의 무게
R	wheel의 반지름
I_{xw}, I_{yw}, I_{zw}	각축에 대한 wheel의 관성
I_{xf}, I_{yf}, I_{zf}	각축에 대한 플라이휠의 관성
$u_\gamma, u_{\beta_f}, u_{\gamma_f}$	drive torque, tilt torque, spin torque

$$R_O^C = R_{(z, \alpha)} R_{(x_a, 90 - \beta)} R_{(z_a, 0)}$$

$$R_O^C = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \sin \beta & \sin \alpha \cos \beta \\ \sin \alpha & \cos \alpha \sin \beta & -\cos \alpha \cos \beta \\ 0 & \cos \beta & \sin \beta \end{bmatrix} \quad (1)$$

관성프레임의 Σ_O 의 단위벡터 {i,j,k}와 몸체 프레임 Σ_A 의 단위벡터 {u,v,w}의 관계는 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} i \\ j \\ k \end{bmatrix} = R_O^C \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서,

$$u = (\cos \alpha)i + (\sin \beta)j$$

$$v = (-\sin \alpha \sin \beta)i + (\cos \alpha \sin \beta)j + (\cos \beta)k$$

$$w = (\cos \alpha \sin \beta)i - (\cos \alpha \cos \beta)j + (\sin \beta)k$$

2.2 Velocity constraints

C점에서 속도 v_c 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$v_c = v_A + \omega_B \times R_{AC} \quad (3)$$

각 좌표를 대입하면 다음과 같다.

$$0 = \dot{X}i + \dot{Y}j + \dot{Z}k + (R\dot{\gamma})u + (R\dot{\alpha}\sin\beta)u + (R\dot{\beta})w \quad (4)$$

식 (4)에 식(2)를 대입하고 i, j, k 로 정리하면 $\dot{X}, \dot{Y}, \dot{Z}$ 에 대한 식을 각각 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \dot{X} + R\dot{\beta}\sin\alpha\cos\beta + R(\dot{\gamma} + \dot{\alpha}\sin\beta)\cos\alpha &= 0 \\ \dot{Y} - R\dot{\beta}\cos\alpha\cos\beta + R(\dot{\gamma} + \dot{\alpha}\sin\beta)\sin\alpha &= 0 \\ \dot{Z} + R\dot{\beta}\sin\beta &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

2.3 동역학 모델

라그랑지안 방정식 $L=T-P$ 을 통해 동역학식을 유도한다. T 는 kinetic energy 이고 P 는 potential energy 이다. 여기에서 플라이휠은 로봇중앙에 붙어있다고 가정하고 유도하였다. 동역학식은 다음과 같이 표현된다 [10].

$$M(q)\ddot{q} + N(q, \dot{q}) = A^T \lambda + Bu \quad (6)$$

이 식에서 라그랑지안 multiplier를 소거하도록 행렬을 구해 곱해주면 다음과 같이 간단한 식으로 표현할 수 있게 된다.

$$M(q)\ddot{q} = F(q, \dot{q}) + Bu \quad (7)$$

여기서,

$$M(q) = \begin{bmatrix} M_{11} & 0 & M_{13} & 0 & M_{15} \\ 0 & mR^2 + I_{xw} + I_{xf} & 0 & I_{xf} & 0 \\ M_{13} & 0 & mR^2 + I_{zf} & 0 & 0 \\ 0 & I_{xf} & 0 & I_{xf} & 0 \\ M_{15} & 0 & 0 & 0 & I_{zf} \end{bmatrix}$$

여기서,

$$M_{11} = mR^2 \sin^2 \beta + I_{yw} \cos^2 \beta + I_{zw} \sin^2 \beta + I_{yf} \cos^2 (\beta + \beta_f) + I_{zf} \sin^2 (\beta + \beta_f)$$

$$M_{13} = mR^2 \sin \beta + I_{zw} \sin \beta$$

$$M_{15} = I_{zf} \sin (\beta + \beta_f)$$

$$q^T = [\alpha \quad \beta \quad \gamma \quad \beta_f \quad \gamma_f]$$

$$F(q, \dot{q}) = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ -I_{zw} \cos \beta \dot{\beta} \dot{\alpha} - 2mR \cos \beta \dot{\alpha} \dot{\beta} \\ F_4 \\ -I_{zf} \cos (\beta + \beta_f) (\dot{\beta} + \dot{\beta}_f) \dot{\alpha} \end{bmatrix}$$

여기서,

$$F_1 = 2(I_{yw} - I_{zw}) \cos \beta \sin \beta \dot{\alpha} \dot{\beta} - I_{zw} \cos \beta \dot{\beta} \dot{\gamma} + 2(I_{yf} - I_{zf}) \cos (\beta + \beta_f) \sin (\beta + \beta_f) (\dot{\beta} + \dot{\beta}_f) \dot{\alpha} - I_{zf} \cos (\beta + \beta_f) (\dot{\beta} + \dot{\beta}_f) \dot{\gamma}_f - 2mR^2 \sin \beta \cos \beta \dot{\alpha} \dot{\beta}$$

$$F_2 = -(I_{yw} - I_{zw}) \cos \beta \sin \beta \dot{\alpha}^2 + I_{zw} \cos \beta \dot{\alpha} \dot{\gamma} - (I_{yf} - I_{zf}) \cos (\beta + \beta_f) \sin (\beta + \beta_f) \dot{\alpha}^2 + I_{zf} \cos (\beta + \beta_f) \dot{\alpha} \dot{\gamma}_f + mgR \sin \beta + mR^2 \cos \beta \sin \beta \dot{\alpha}^2 + mR^2 \cos \beta \dot{\gamma}$$

$$F_4 = -(I_{yf} - I_{zf}) \cos (\beta + \beta_f) \sin (\beta + \beta_f) \dot{\alpha}^2 + I_{zf} \cos (\beta + \beta_f) \dot{\alpha} \dot{\gamma}_f$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, u = \begin{bmatrix} u_\gamma \\ u_{\beta_f} \\ u_{\gamma_f} \end{bmatrix}$$

III. 시스템 구성

3.1 전체 시스템

그림 2에 전체 시스템 구조가 나타나 있다. 전체 시스템은 주제어기, 보조제어기, 무선조정기 3부분으로 나뉜다. 주제어기는 8bit 마이크로프로세서이기 때문에 디지털 필터 등 연산과정을 처리하는데 많은 시간이 소요되므로 주제어기와 보조제어기로 나누어 Dual processing을 하였다. 각각의 시스템은 필터과정, PID 제어기 등의 주어진 연산을 수행하고 결과의 데이터를 SCI를 통해 주고 받는다. 시스템의 Input은 2개의 기울기 센서 각의 오차값, 무선조정기의 4개의 좌우 위치값 (Lx, Ly, Rx, Ry) 5개로 이루어지며 시스템을 거쳐 최종 Drive 모터, 틸트 모터의 PWM을 생성한다.

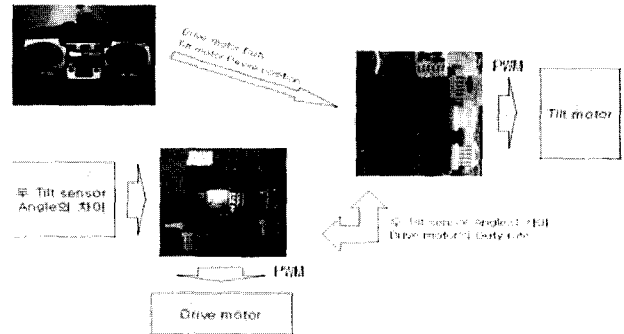


그림 2. 전체 시스템 구조
Fig. 2. Overall structure.

3.2 주제어기의 역할

주제어기의 첫 번째 역할은 무선제어기의 데이터를 USART를 통해 수신하는 것이다. 무선제어기의 데이터는 Lx(Left x-axis), Ly(Left y-axis), Rx(Right x-axis), Ry(Right y-axis) 총 4개로 이루어지는데 여기서 Rx, Ry의 데이터만 사용한다. Rx는 틸트 모터의 기준 각에 관여하고 Ry는 구동(drive) 모터의 듀티비를 조절하는데 사용된다.

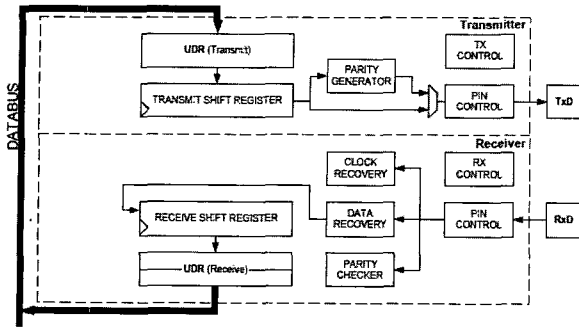


그림 3. USART 블록도
Fig. 3. USART Block Diagram.

주제어기의 두 번째 역할은 보조제어기와의 통신이다. 무선 조정기에서 수신한 데이터를 드라이브 모터의 듀티비로 정규화하여 보조제어기로 보낸다. 또한 보조제어기로부터 두 개의 기울기 센서간의 오차를 받아서 PID 제어기의 오차로 사용한다. 그림3은 이러한 통신 관계를 블록 다이어그램으로 나타낸다.

3.3 보조제어기의 역할

보조제어기는 주제어기와 데이터를 주고받으며 2개의 기울기 센서를 필터처리해야 한다. 이러한 보조제어기의 조건은 원하는 시간 내에 연산을 끝낼 수 있어야 하며 SPI와 SCI를 동시에 지원해야 한다. 기울기 센서는 잡음이 심해 필터를 사용하지 않을 경우 잡음에 의

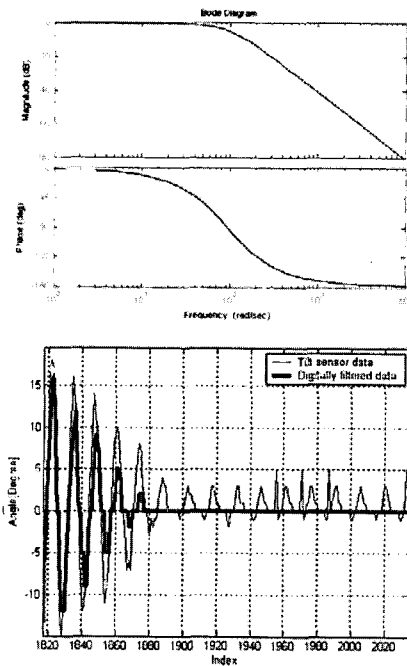


그림 4. 설계된 Bessel filter 통과후의 신호
Fig. 4. Signal after Bessel filter.

한 영향을 받을 수 있으므로 그림 4처럼 Bessel Low Pass Filter를 이용하여 필터링 하였다.

3.4 무선조정기와의 통신방법

무선조정기와 주제어기와는 SCI로 통신을 하며 블루투스를 이용하여 통신을 하였다. 블루투스는 휴대용 장치간의 양방향 근거리 무선통신 기술로서 저렴한 가격과 적은 전력소모로 10~100m내의 소구역간 통신기술이다.

IV. GYROBO의 설계 및 제작

4.1 자이로 움직임 실험

먼저 자이로 움직임을 발생하기 위한 모터의 조건을 구하기 위한 실험을 수행하였다. 두 개의 플라이휠을 그림 5와 같이 설치하고 회전 차이를 통해 어떠한 움직임이 발생하는 가를 실험하였다. 2개의 플라이휠을 단 몸체를 펜들러에 고정하고 자세를 잡는 실험을 하였다. 두 개의 플라이휠이 같은 방향 회전할 때 그리고 다른 방향으로 회전할 때의 움직임을 관찰하였다. 2자유도의 펜들러와 플라이휠 부분에 1자유도를 가진 몸체를 연결하여 3자유도를 만들어 몸체를 회전 시킬 때 플라이휠의 움직임을 관찰하였다. 그림 5에서 몸체를 시계방향, 반 시계방향으로 회전 시킬 때 플라이휠이 따라서 기우는 자이로 움직임이 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 반대로 플라이휠을 기울게 하면 몸체가 기우는 결과를 얻을 수 있다.

충분한 자이로 모션을 만들어 내기 위한 모터를 선택하기 위한 실험이다. 이로부터 모터를 선정하는데 정

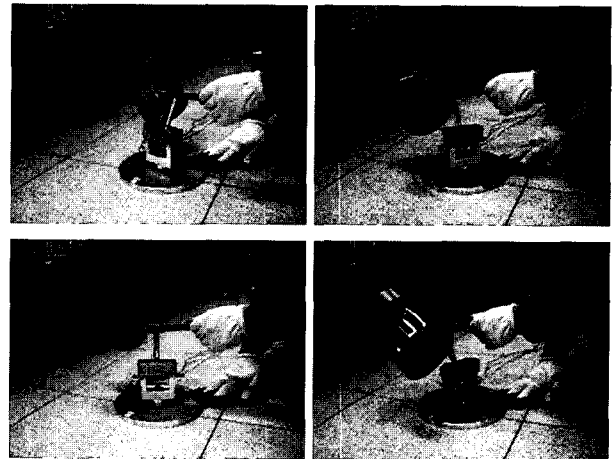


그림 5. 자이로 움직임 실험
Fig. 5. Experiments of gyro motion.

확하게 크기와 조건을 맞추는 모터를 구입하는 것이 매우 중요하다.

4.2 자전거 바퀴로 만든 GYROBO

그림 6에 나타난 자전거 바퀴에 3개의 모터를 달아 로봇을 제작하였다. 틸트 모터는 드라이브 모터 밑 쪽 몸체 안에 내장되어 있다. 플라이휠은 김벌을 통하여 모터에 직접 연결하였다. 드라이브모터에 베벨기어를 이용해 로봇을 이동시킬 수 있도록 중심축과 연결했다. 중심축은 바퀴살을 이용하여 타이어에 연결하여 구동되도록 하였다. 몸체와 바퀴가 닿는 부분은 베어링을 넣어서 바퀴가 회전해도 몸체는 회전하지 않도록 하였다.

바퀴와 로봇 몸체가 바퀴살로 연결되어 있어 모터에서 나오는 힘이 제대로 전달되지 않아 로봇이 이동하는데 어려움이 있었다. 그래서 로봇 몸체에서 축과 바퀴살을 빼고, 몸체가 직접 휠 위를 구르는 식으로 다시 제작하였다. 위의 모델에서 사용된 베어링중 하나를 빼고 대신 드라이브 모터에 연결된 롤러를 달아 몸체가 바퀴 위를 구르면서 전체적으로는 전진하는 움직임이 나오게 된다.

그림 6의 로봇은 바닥 면과 마찰력이 커져서 드라이브 모터에 부담이 크게 갔고 생각보다 느리게 전진하였다. 드라이브 모터와 컨트롤러, 배터리의 무게도 더해지면서 플라이휠이 지탱할 수 있는 무게를 넘게 되었다. 따라서 좌우에 보조바퀴를 달아서 시험 운행하였으나 안정된 움직임을 보이지는 못했다.



그림 6. 자전거 바퀴로 만든 GYROBO
Fig. 6. GYROBO made of bicycle wheel.

4.3 작은 자전거 바퀴의 GYROBO

그림 7은 작은 자전거 바퀴로 만든 로봇을 보여준다. 바퀴의 지름은 40cm이고, 플라이휠의 지름은 15cm이다. 드라이브 모터와 스핀 모터를 서로 반대로 향하게 하여 좌우 균형 맞추도록 하였고, 틸트 모터는 몸체

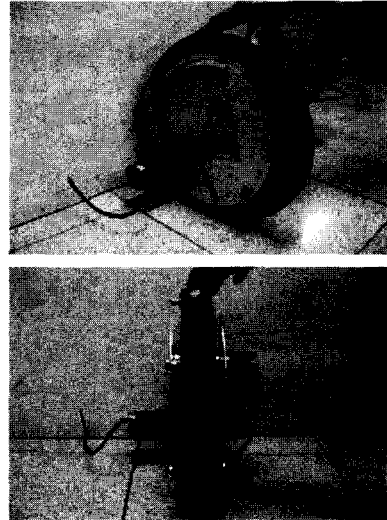


그림 7. 작은 자전거 바퀴로 만든 GYROBO
Fig. 7. GYROBO made of small bicycle wheel.

안에 들어가 있다. 틸트 모터는 플라이휠과 평행하게 있으며 벨트로 연결되어 플라이휠을 기울도록 한다. 로봇이 이동하는 방식은 드라이브모터에 연결된 롤러가 바퀴 휠을 구르면서 이동하게 된다.

4.4 최종 GYROBO

그림 8은 여러 모델의 문제점을 거쳐 새롭게 만든 GYROBO이다. 자이로 움직임을 만들어 내는 구동부를 측면에 구성하였다. 바퀴 내부와 몸체가 같은 롤로 연결함으로써 뒤집어지더라도 운행할 수 있도록 하였다. 그리고 플라이휠도 중앙에 위치시킴으로써 무게중심을 가운데에 두어 보다 안정적이게 하였다.

GYROBO는 플라이휠이 돌면 기울게 되므로 플라이휠의 기울기를 조절하여 로봇의 좌우 움직임을 제어하고 드라이브 모터의 PWM조절을 통해 굴러가는 회전 속도를 조절한다. 즉 플라이휠의 기울기를 조정하기 위해 틸트 모터의 제어가 필요하다.

틸트 모터를 제어하기 위해 두 개의 틸트 센서를 사



그림 8. GYROBO의 외형
Fig. 8. GYROBO.

용하였다. 두 개의 틸트 센서를 몸체와 플라이휠에 부착하여 기울기를 검출하고 검출한 값을 기준값과 비교하여 제어기로 보낸다. 제어기는 이 오차값을 줄이도록 작동한다.

V. 실험 결과

GYROBO의 선회주행을 실험하기 위해 실내에서 무선으로 조정하였다. 안정된 실험을 위해서 좌우에 보조바퀴를 달아 넘어지지 않도록 하였지만 GYROBO가 닿는 지면과는 차이를 두어 선회제어를 할 수 있도록 하였다. 무선 통신의 경우에 두 개의 데이터 중 Rx 데이터는 플라이휠의 기준각을 조절하는데 사용하였고, Ry는 드라이브 모터의 듀티비를 조절하는데 사용되었다. 좌우로 플라이휠을 기울게 하여 자이로 움직임을 발생시켜 GYROBO를 직선 주행 후 선회하도록 하였다.

그림 9는 실제 GYROBO의 실제 움직임을 몇 개의 사진으로 나타낸 것이다. 실제로 GYROBO는 방향을 선회하며 주어진 경로를 따라갔다. 하지만 실험 중에 보조바퀴에 의존하여 넘어지는 않는 경우가 발생하였다.

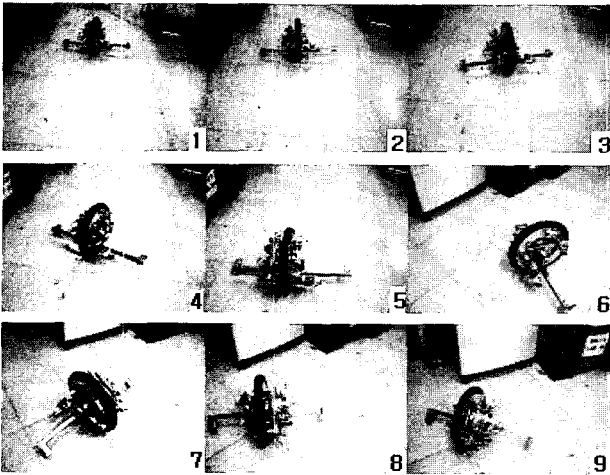


그림 9. 실제 선회하는 GYROBO의 모습

Fig. 9. Movements of GYROBO.

VI. 결 론

본 논문에서는 한 바퀴로 구동하는 로봇 GYROBO를 제작하여 움직임을 제어하고 실험하였다. 먼저 자이로 움직임을 발생하는 가를 실험을 통해 살펴보고, 시스템에 적용하여 실험을 수행하였다. 유도된 동역학

식으로부터 로봇이 넘어지지 않고 이동하기 위한 무게와 플라이휠의 회전속도 그리고 틸트 모터의 토크 등을 구하고 로봇 제작에 적용하여 실험을 통해 결과를 확인 하였다.

하지만 독립적으로 자율주행하기 위해서는 다음과 같은 여러 문제점들을 해결해야 한다.

- GYROBO의 구조적인 설계문제 해결로 균형적인 무게 배분으로 진동을 줄인다.

- 자이로 움직임을 나타낼 구동 모터의 선정으로 충분한 회전 속도를 만든다.

- 각 구동 모터의 소형화로 자체 무게를 줄인다.

- 강건한 제어 알고리즘구현으로 제어를 잘 하도록 한다.

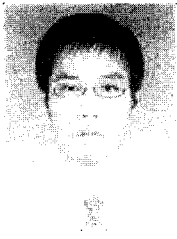
참 고 문 헌

- [1] Chunlei Rui, n. Harris McClamroch "Stabilization and Asymptotic Path Tracking of a Rolling Disk" *Proc. Conf. on Decision & Control*, 1995.
- [2] M. Maza, J. G. Fontaine, M. Armada, P. Santos, V. Papantoniou, and M. Mas, "Wheel_Legs- A new solution for traction enhancement without additive soil compaction", *IEEE Robotics and Automation Magazine*, pp. 26-33, 1997.
- [3] H. B. Brown and Y. Xu, "A single-wheel gyroscopically stabilized robot", *Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 3658-3663, 1996.
- [4] Gora C. Nandy and Yangsheng Xu "Dynamic Model of A Gyroscopic Wheel" *Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, 1998.
- [5] K. W. Au and Y. Xu, "Decoupled dynamics and stabilization of single wheel robot", *Proc. IEEE Int. Conf. on Intelligent Robots and systems*, pp. 197-203,, 1999.
- [6] Y. Ou and Y. Xu, "Balance control of a single wheel robot", *Proc. IEEE Int. Conf. on Intelligent Robots and systems*, pp. 2042-2048,, 2002.
- [7] W. Nukulwuthiopas, S. Laowattana, and T. Maneewarn, "Dynamic modeling of a one wheel robot by using Kane's method", *IEEE ICIT*, pp. 524-529, 2002.
- [8] T. Saleh, Y. Hann, Z. Zhen, A. Al Mamun, V. Prahlad, "Design of a gyroscopically stabilized single-wheeled robot", *IEEE Conf. on Robotics, Automation and Mechatronics*, pp. 904-908, 2004.
- [9] A. Alasty and H. Pendar, "Equation of motion of

a single-wheel robot in a rough terrain”, *IEEE Conf. on Robotics and Automation*, pp. 879-884, 2005.

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

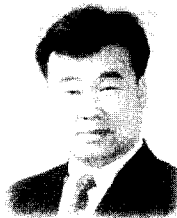
저 자 소 개



김 필 교(학생회원)
2006년 충남대학교 메카트로닉스 공학과 졸업.
2007년 현재 동대학 석사과정.
<주관심분야 : 로봇 시스템 설계 및 제작, 지능 제어 시스템>



김 연 섭(학생회원)
2003년 3월 충남대학교 메카트로닉스공학과 입학.
2007년 현재 동대학 재학 중.
<주관심분야 : 임베디드 제어기 설계, 로봇 시스템 제어>



정 슬(정회원)
1988년 미국 웨인 주립대 전기 및 컴퓨터 공학과 졸업
1991년 미국 캘리포니아 대학 데이비스 석사,
1996년 미국 캘리포니아 대학 데이비스 박사.
1997년~현재 충남대학교 메카트로닉스공학과 부교수.

<주관심분야 : 지능 임베디드 시스템 제어기 설계 및 지능 로봇.>