

플레이 볼 Play Ball

#박준혁¹, 남덕우², 이종비³, 김두호⁴, *강민식⁵

#J. H. Park(jhma83@hanmail.net)¹, D. W. Nam², J. B. Lee³, D. H. Kim⁴, *M. S. Kang(mskang@kyungwon.ac.kr)⁵
경원대학교 기계공학과

Key words : Play Ball, Sphere Wheel, Steering, Remote Control, Trigonometric Analysis

1. 서론

현재 차량은 지면과 접촉하고 있는 바퀴의 회전축을 돌려 차량의 이동방향을 변경하고 있다. 그러나 조향각도는 조향장치의 기구적 제한 때문에 최대 조향각이 한정되어 있다.

본 연구에서는 이러한 조향방향의 제한이 없이 전 방향으로 조향이 가능한 기구로 구형바퀴를 제안한다. 이러한 기구는 본 연구자가 아는 한 아직 소개된 바 없다. 이 바퀴를 유용하게 이용할 수 있는 적용 분야는 아직 구체화 되지 못하였지만, 본 연구는 창의적 문제 해결의 대상만으로도 매우 재미있는 대상으로 여겨진다.

2. 구형 바퀴

전 방향 회전이 가능한 구조로 가장 간단한 것은 구형일 것이다. 본 연구에서는 바퀴는 구형을 채택하였으며, 구의 회전을 위해 구의 안 구동장치를 넣었다. 구동장치는 삼각형 구조의 지지대에 각각 120도의 간격을 갖고 중심부로부터 동일한 거리에 반경방향으로 장치된 세 개의 바퀴를 장치하였다. 각 바퀴에는 각 바퀴의 회전축을 직접 구동하는 스테핑모터가 있으며, 각 바퀴는 독립적으로 구동할 수 있다. Fig. 1에서와 같이 이 구동장치를 구 안에 넣으면, 세 개의 바퀴는 구의 적도선과 만나게 된다. Fig. 2는 구동장치를 보인다. 각 바퀴는 외부의 무선통신을 통해 구동속도 명령을 수신하게 되며, ATmega128 마이크로컨트롤러와 스테핑 모터를 이용하여 세 개의 바퀴의 속도를 제어한다. 구의 안쪽 표면과 바퀴와의 미끄러짐을 방지하기 위해 구의 안쪽 표면과 바퀴 표면은 마찰력이 높은 재질로 처리하였다.



Fig. 1 Schematic view of play ball

구체적으로 하드웨어의 구성은 구(球), 새시, 마이크로컨트롤러, 스테핑모터 및 구동모듈, 통신모듈, 조종기로 이루어져 있다.

구(球)는 Play Ball의 구형(球形) 바퀴로 플라스틱과 알루미늄을 사용하였으며, 강도와 하중을 고려하여 5mm로 가공하였다. 새시는 모든 하드웨어를 장착하는 기본적인 틀로써 강도를 위해 알루미늄으로 제작하였으며, 마이크로컨트롤러와 모터, 구동모듈, 배터리, 수신기 등을 탑재하도록 Fig. 2 와 같이 설계하였다.

마이크로컨트롤러로는 ATmega128 칩을 탑재한 AVR보드를 사

용하였다. 이 마이크로컨트롤러는 6개의 I/O포트와 2개의 UART 통신 포트를 갖고 있다. 컨트롤러의 송신신호를 받아서 마이크로컨트롤러와 연결된 모터의 동작을 제어하게 된다.

스테핑 모터는 한 스텝의 크기가 0.9° 인 모터를 사용하였고, 구동모듈은 한 클럭에 모터를 한 스텝 움직일 수 있는 모듈을 사용하였다.

통신모듈로는 혼선의 위험이 적은 2GHz의 광대역을 사용하는 Bluetooth모듈을 사용하였고, 조종기와 본체와의 무선통신을 담당한다.

조종기는 8개의 핀을 갖는 3개의 포트를 사용하였고, 360°의 방향을 24개로 분할하여, 각 스위치의 신호를 입력받아 AVR을 통해서 제어신호를 본체에 전송하게 된다.

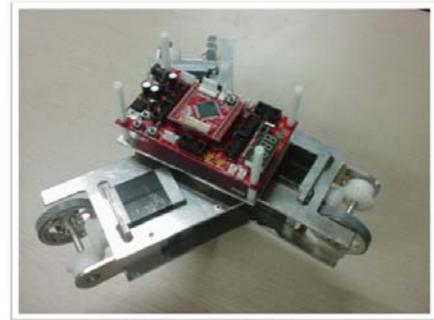


Fig. 2 Driving equipment

3. 구동 이론

세 개의 바퀴를 이용하여 구를 회전시킬 경우 진행 방향에 따라 각각 바퀴가 굴러가야하는 궤적의 길이에 차이가 생기게 된다. 그 궤적의 길이를 삼각함수를 이용하여 계산하고, 15°의 단위 각도를 설정하여 단위각도마다의 각 모터의 회전 속도를 설정하였다. 원하는 구의 이동 각도는 조종기에서 단위각도마다의 설치된 스위치 입력으로 조정하도록 되어 있으며, 이 명령은 블루투스 통신을 이용하여 조종기의 통신 포트와 구의 내부에 설치된 통신포트 간의 무선 통신에 의해 전달되며, 이 명령에 따라 기 저장된 진행 위치와 각 바퀴의 회전속도의 관계에 따라 각각의 모터를 회전시킨다.

세 개의 바퀴는 구의 적도 부근에 120° 간격으로 배치되어 구의 안쪽과 마찰에 의해 구를 회전시키므로, 구형 바퀴를 원하는 방향으로 회전시키려고 할 때 각각의 바퀴가 구의 안쪽 표면을 구르는 궤적의 길이가 달라지게 되므로, 각 바퀴의 회전 속도는 달라야 된다. 각 바퀴의 궤적의 길이를 삼각함수를 이용하여 해석할 수 있다.

우선 전 회전방향 360°를 12 구간으로 등간격으로 나누고, 각 구간에 있는 세 개의 모터 방향을 I, II, III으로 설정한 후 해당 구간에서의 주바퀴와 나머지 바퀴의 속도비를 정한다.

- i) ① $310^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$ 일 경우 모터 I 이 추가됨.
- ② $150^\circ \leq \theta \leq 210^\circ$ 일 경우 모터 I 이 추가됨, 회전속도만 반대
- ii) ① $90^\circ \leq \theta \leq 150^\circ$ 일 경우 모터 II 가 추가됨.

- ② $270^\circ \leq \theta \leq 310^\circ$ 일 경우 모터 II 가 추가됨,
회전속도만 반대
- iii) ① $210^\circ \leq \theta \leq 270^\circ$ 일 경우 모터 III 이 추가됨.
 - ② $30^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ 일 경우 모터 III 이 추가됨,
회전속도만 반대
- iv) ① 방향이 결정되었을 경우 전진 영역 I 에서
좌우 30° 씩 계산 (우 $+30^\circ$, 좌 -30°)
 - ② 방향이 결정되었을 경우 전진 영역 II 에서
좌우 30° 씩 계산 (우 $+30^\circ$, 좌 -30°)
 - ③ 방향이 결정되었을 경우 전진 영역 III 에서
좌우 30° 씩 계산 (우 $+30^\circ$, 좌 -30°)
- v) 후진 영역도 상동(上同).

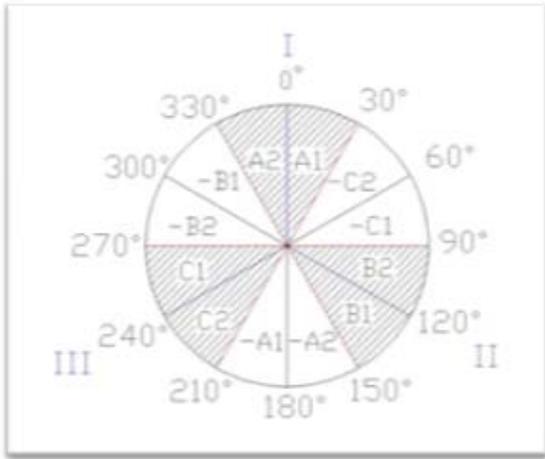


Fig. 3 Steering direction

위와 같이 각 모터의 영역을 Fig. 3와 같이 설정하고, 각 영역에서의 속도비는 다음과 같이 구한다.

A1, B1, C1 의 범위에 있을 때 바퀴의 속도(전진범위에서 우측편)

$$A1 t = \frac{2\pi \sin(90^\circ - \theta)}{\text{velocity}1} = \frac{2\pi \sin(30^\circ + \theta)}{\text{velocity}2} = \frac{2\pi \sin(30^\circ - \theta)}{\text{velocity}3}$$

$$B1 t = \frac{2\pi \sin(90^\circ - \theta)}{\text{velocity}3} = \frac{2\pi \sin(30^\circ + \theta)}{\text{velocity}2} = \frac{2\pi \sin(30^\circ - \theta)}{\text{velocity}1}$$

$$C1 t = \frac{2\pi \sin(90^\circ - \theta)}{\text{velocity}2} = \frac{2\pi \sin(30^\circ + \theta)}{\text{velocity}1} = \frac{2\pi \sin(30^\circ - \theta)}{\text{velocity}3}$$

-A1, -B1, -C1 은 위의 식에서 속도를 반대로 하면 구할 수 있다.

A2, B2, C2 의 범위에 있을 때 바퀴의 속도(전진범위에서 우측편)

$$A2 t = \frac{2\pi \sin(90^\circ + \theta)}{\text{velocity}1} = \frac{2\pi \sin(30^\circ + \theta)}{\text{velocity}3} = \frac{2\pi \sin(30^\circ - \theta)}{\text{velocity}2}$$

$$B2 t = \frac{2\pi \sin(90^\circ - \theta)}{\text{velocity}3} = \frac{2\pi \sin(30^\circ + \theta)}{\text{velocity}1} = \frac{2\pi \sin(30^\circ - \theta)}{\text{velocity}2}$$

$$C2 t = \frac{2\pi \sin(90^\circ - \theta)}{\text{velocity}2} = \frac{2\pi \sin(30^\circ + \theta)}{\text{velocity}3} = \frac{2\pi \sin(30^\circ - \theta)}{\text{velocity}1}$$

-A2, -B2, -C2 은 위의 식에서 속도를 반대로 하면 구할 수 있다.

위의 수학적 모델링을 바탕으로 하드웨어와 소프트웨어를 제작한다. 즉, 진행방향에 따른 각 바퀴의 속도관계식을 구 안에 있는 구동장치의 마이크로 컨트롤러의 롬에 저장한다. 구가 구르는 도중 조종기에서 무선통신에 의해 변경된 진행방향이 통보되면, 이 진행방향에 해당되는 각 바퀴의 속도 관계식을 선택하여 각 바퀴의 회전속도를 결정하고, 마이크로 컨트롤러에 의해 스텝

핑 모터를 구동하게 된다.

구가 구르는 구동력은 Fig. 4에서 구가 바닥면에 접촉하고 있는 점 A를 기준으로 한 구 안의 구동장치에 붙어있는 불평형 질량의 무게 mg의 관계에서 발생하는 모멘트에 의해서 발생된다. 즉, 구동력은 점 A를 기준으로 한 mg의 토크에 해당된다. 따라서 구 안의 구동장치의 경사각이 클수록 구의 구동력이 커지게 되며, 구의 회전 속도 조정은 이 경사각 조정을 통해 이루어지게 된다.

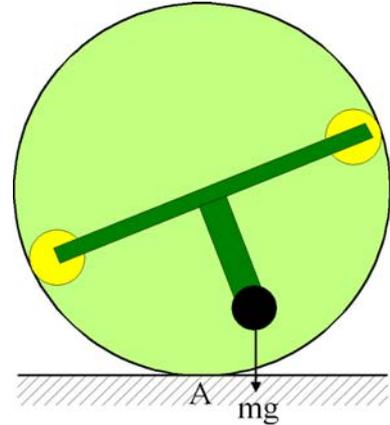


Fig. 4 Mathematical Modelling

4. 결론

이론을 바탕으로 하드웨어와 소프트웨어를 제작하여 구동시킨 결과, 원하는 방향으로의 움직임에 대한 제어가 가능하였다.

보완점으로는 구의 구동시, 가속도의 유무에 따라 진행방향으로의 피칭(pitching)이 발생하므로, 본체 내에서 가속도에 상당하는 크기의 무게를 이동시켜 무게중심의 변화로 자세를 보정할 수 있을 것이다.

또한, 구의 안쪽 면과 바퀴사이의 적정한 크기의 마찰력을 일정하게 유지 할 수 있도록 정밀한 공정과 제작이 필요하다.

이러한 문제들이 해결되면, 구형바퀴를 사용하는 차량의 회전 반경이 없기 때문에 진행 방향에 제한이 없어지고, 좁은 공간에서도 이동이 용이할 것이다.

후기

본 연구는 2008 창의적 종합설계 (Capstone Design) 경진대회 출품작으로, 경원대학교 공학혁신센터의 연구비지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

1. 윤덕용(2006.09.01), “AVR ATmega128 정복”, OHM사
2. 송용수(2002.06.10), “여러가지 로봇만들기 AVR Bible”, 북두출판사
3. 박춘, 김도균(2008.08.10), “C 프로그래밍 완전정복”, 정보문화사