



# 대각선 주행이 가능한 전방향 개인용 이동수단용 메커니즘

## Mechanism of Omni-directional Personal Mobility Vehicle with Diagonal Driving

박수산, 임대영, 차현록, 유영재  
Su-san Park<sup>1</sup>, Dea-Yeong Im<sup>2</sup>, Hyun-Rok Cha<sup>3</sup> and Young-Jae Ryoo<sup>1\*</sup>

<sup>1,4</sup>목포대학교 제어로봇공학과  
<sup>2,3</sup>한국생산기술연구원

<sup>1,4</sup>Dept. Control of Control Engineering and Robotics, Mokpo National University,  
Muan-gun, Jeonnam, South Korea

<sup>2,3</sup>Automotive Components and Materials R&BD Group,  
Korea Institute of Industrial Technology, Gwangju, South Korea

### 요약

본 논문은 대각선 주행이 가능한 전방향 퍼스널 모빌리티의 메커니즘을 제안한다. 현대 사회에서 이동성은 인간의 기본적인 활동을 영위하는데 수반되는 전제조건이다. 퍼스널 모빌리티는 새로운 이동수단으로 자동차와 동일한 바퀴구조를 가지고 있으며 이동성 역시 자동차와 유사하다. 최근 노약자와 교통약자를 위한 퍼스널 모빌리티도 4륜 전동카트가 널리 보급되었다. 일반적으로 전동카트는 주행경로를 변경할 때 차체는 조향하는 방향으로 회전하며 이 때 곡률반경에 따른 충분한 공간을 확보해야 한다. 제안하는 퍼스널 모빌리티는 대각선 주행이 가능해지면서 이동성의 한계를 극복할 수 있다. 또한 주행경로에 장애물이 존재하거나 건물내부와 같은 좁은 공간에서도 주행이 가능해지면서 교통약자도 다양한 주행환경을 극복할 수 있다. 이 논문에서는 제안하는 퍼스널 모빌리티의 메커니즘과 개발한 퍼스널 모빌리티의 조향성능을 실험하고 대각선 주행이 가능함을 입증한다.

키워드: 개인용 이동수단, 대각선 주행, 후륜 조향

### Abstract

In this paper, a mechanism of an omni-directional personal mobility which can drive diagonally is proposed. Mobility is a prerequisite involved in basic human life and activities. Personal mobility vehicle is a new mobility method which overcome the limits of automobiles. However, personal mobilities with four wheeled structure still have limitations. The proposed personal mobility vehicle can overcome the limitations of mobility because its rear wheels can be steered omni-directionally. In addition, the handicapped can drive it through a narrow road such as an alleyway or corridor and avoid obstacles on the traveling route. The proposed mechanism of personal mobility and the steering performance are tested by experiments, and the feasibility of diagonal driving is verified.

Keywords: Personal mobility vehicle, diagonal driving, rear wheel steering.

Received: Feb, 6, 2016  
Revised : Apr, 22, 2016  
Accepted: Apr, 22, 2016  
<sup>†</sup>Corresponding authors  
yjryoo@mokpo.ac.kr

## 1. 서론

현대 사회에서 이동성은 인간의 기본적인 활동을 영위하는데 수반되는 전제조건이다[1]. 특히 자동차는 생활의 깊숙한 곳에 자리를 잡은 필수 요소가 되었다. 하지만 누구나 자동차를 통해 이동성을 획득할 수 있는 것은 아니다. 노약자나 장애인 그리고 임신부와 같은 교통약자는 자동차를 사용하여 이동성을 획득하는데 많은 제약이 따른다[2]. 이러한 교통약자의 이동성을 위한 이동수단들이 연구와 개발 중에 있다. 그 중에서도 퍼스널 모빌리티는 자동차를 대체할 수 있는 새로운 이동수단으로 많은 주목을 받고 있다.

퍼스널 모빌리티는 도심지에서의 근거리 및 중거리 주행을 목적으로 하는 전기구동 방식의 개인용 이동수단을 통칭한다. 퍼스널 모빌리티는 기존의 자동차와 다르게 일륜에서 사륜까지의 다양한 구조를 가지고 있다[3, 4].

This work was supported by the BK21 Plus (Big Data in Manufacturing and Logistics Systems, Korea University), This research was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2015R1D1A1A01059742)

지금까지 개발된 퍼스널 모빌리티 중에서 이륜 구조를 가지는 퍼스널 모빌리티의 조작방법은 대부분 몸의 중심이동에 따라 주행방향과 속도가 결정되는 방식을 가지고 있다[1].

이륜 구조를 퍼스널 모빌리티는 이동성이 뛰어나며 건물내부에서도 주행이 가능하다. 하지만 조작방법은 신체가 불편한 교통약자가 사용하는 것은 어려움이 따른다.

반면 사륜 Ackerman 구조의 퍼스널 모빌리티인 4륜 전동카트는 안전성이 우수하여 교통약자가 사용하기에는 적합하지만 이동성은 일륜 또는 이륜 구조 퍼스널 모빌리티에 비해 이동성은 떨어지고 건물내부나 엘리베이터와 같은 좁은 공간에서는 주행을 할 수가 없다[5-8].

일반적으로 자동차가 주행경로를 좌측이나 우측으로 변경할 때 차량의 차체는 조향하는 방향으로 회전한다. 이 때 회전 곡률반경을 고려한 충분한 공간을 확보해야 한다[6, 8]. 그러나 자동차 바퀴를 대각선방향으로 조향할 수 있으면 차체는 정지한 상태에서 대각선으로 주행이 가능해지면서 이동성의 한계를 극복할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 대각선 주행이 가능한 퍼스널 모빌리티를 제안하고자 한다. 2장에서는 대각선 주行的 개념에 대해서 언급하고 3장에서는 대각선 주행이 가능한 퍼스널 모빌리티의 메커니즘을 소개한다. 그리고 4장에서의 실제 대각선 주행이 가능한 퍼스널 모빌리티의 실험을 통해 결론을 도출하고자 한다.

## 2. 대각선 주행이 가능한 퍼스널 모빌리티

본 논문에서 구현한 퍼스널 모빌리티는 4륜 전동카트보다 크기가 작으면서 편리성이 높은 삼륜구조를 채택하였다. 후방에는 후륜을 조향하기 위한 조향장치가 장착되어 있다. 조향장치는

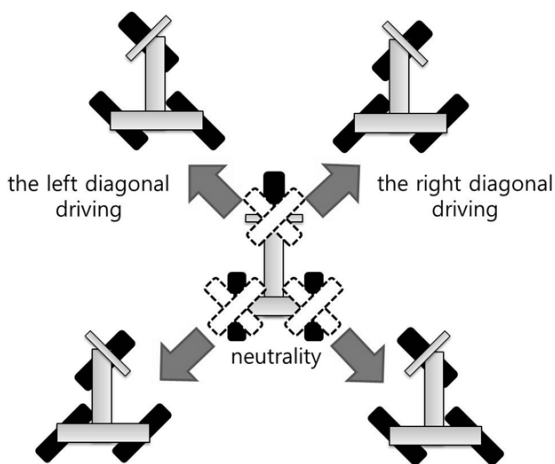


그림 1. 제안하는 대각선 주行的 개념도  
Fig. 1. Conceptual diagram of proposed diagonal driving

BLDC(Brushless Direct Current)모터와 포텐시오미터로 구성되어 있으며 포텐시오미터를 이용하여 후륜의 조향각을 측정할 수 있다.

전방에는 핸들의 회전축에 포텐시오미터를 장착하여 핸들을 통한 전륜의 조향각을 포텐시오미터를 이용하여 측정할 수 있다. 또한 전륜의 회전에 따라 변하는 포텐시오미터 값으로 후륜의 조향을 제어할 수 있다.

## 3. 퍼스널 모빌리티의 메커니즘

대각선 주행이 가능한 퍼스널 모빌리티는 삼륜구조를 채택하였다. 후방에는 후륜을 조향하기 위한 장치가 장착되어 있다.

전륜에는 핸들의 회전축에 포텐시오미터를 장착하였으며 핸들이 회전하는 각도를 포텐시오미터를 이용하여 조향각도를 측정할 수 있다.

후륜 조향장치는 BLDC모터와 포텐시오미터로 구성되어 있으며 사용자는 전륜의 조향각도에 따라 좌우 후륜의 조향각도를 조절할 수 있다.

후륜의 구동장치는 인휠모터를 사용하였으며 좌측과 우측의 독립적인 회전제어가 가능하다.

그림 2와 같이 설계한 퍼스널 모빌리티는 전륜 핸들과 좌측 우측 후륜 구동으로 이루어져 있다. 사용자를 조작을 위한 장치는 앞쪽 핸들 부분에 장착되며 주제어기와 조향제어기는 뒤쪽에 장착하도록 하였다. 이 구조는 전륜의 핸들을 조향하면 좌측과 우측 후륜이 추종하도록 한다.

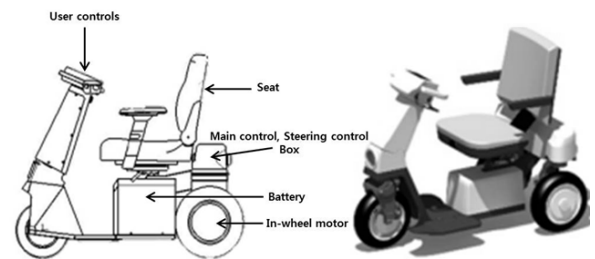


그림 2. 퍼스널 모빌리티의 설계  
Fig. 2. Design of personal mobility

그림 3과 같이 퍼스널 모빌리티의 후륜의 좌측과 우측 조향장치는 각각 독립적으로 제어 가능하게 설계하였다. 후륜 조향제어기의 출력에 따라 조향모터가 회전하고, 이 회전력은 타이밍 벨트와 풀리에 의하여 후륜 구동모터의 조향각을 변화시킨다. 이때 구동모터의 축과 수직선상에 각도센서인 포텐시오미터를 장착하여 각도값을 측정하여 조향 제어기에 피드백한다. 조향제어기는 각도센서의 값을 이용하여 조향모터는 제어하게 된다.

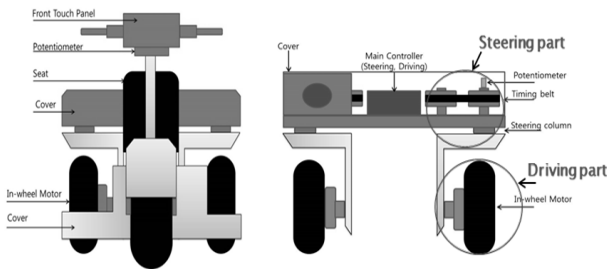


그림 3. 제안하는 퍼스널 모빌리티의 조향장치 메커니즘  
Fig. 3. Steering mechanism of proposed personal mobility

제안하는 그림 4와 같이 네 가지의 주행모드를 갖도록 설계하였다. 전후방향 주행, 좌우방향 주행, 제자리 회전, 그리고 대각선 주행모드를 가진다.

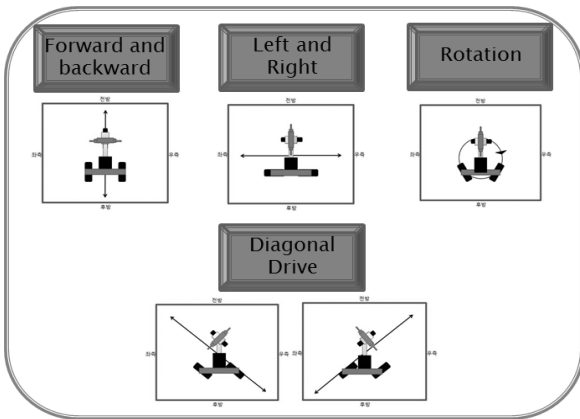


그림 4. 퍼스널 모빌리티의 주행모드  
Fig. 4. Driving mode of personal mobility

### 3.1 퍼스널 모빌리티의 제어장치

퍼스널 모빌리티의 사용자 조작장치와 주제어장치간의 통신은 CAN(Controller Area Network)을 기반으로 하고 있으며 사용자는 핸들에 장착된 조작장치를 이용하여 퍼스널 모빌리티의 주행모드와 주행속도, 주행방향등을 제어할 수 있다. 이 때 사용자의 조작에 따라 발생한 명령 신호들은 퍼스널 모빌리티에 장착된 주제어장치에 전달되어 조향장치와 구동장치를 동작시킨다.

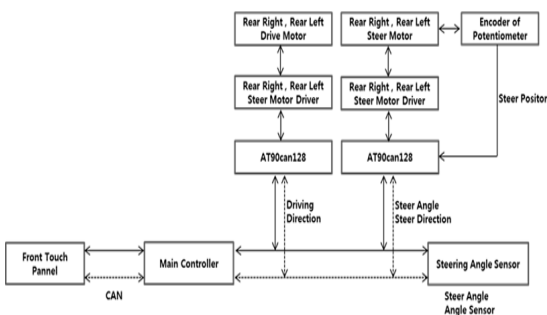


그림 5. 퍼스널 모빌리티의 제어장치 블록도  
Fig. 5. Block diagram of control system for personal mobility

### 3.2 퍼스널 모빌리티의 조향장치

대각선 주행이 가능한 퍼스널 모빌리티의 조향제어는 포텐시옴터에서 이루어진다. 포텐시옴터는 조향각도에 대한 정보를 전압으로 출력하며 전방에 장착된 포텐시옴터의 조향각도 데이터가 후방의 조향제어장치로 전달되는 구조를 가지고 있다.

전방의 조향각도 데이터가 조향장치에 전달되면 좌측 후륜과 우측 후륜의 조향각도는 전방의 조향각도 데이터와 동일한 데이터를 가지게 되면서 모든 바퀴가 같은 방향으로 조향이 이루어진다.

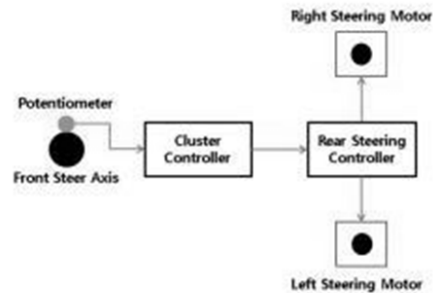


그림 6. 퍼스널 모빌리티의 조향제어장치 블록도  
Fig. 6. Block diagram of steering control system for personal mobility

대각선 주행이 가능한 퍼스널 모빌리티에는 전방의 핸들 부분에 한 개, 후방의 후륜에 2개, 총 3개의 각도센서가 사용되며 전방의 각도 센서의 각도만큼 후륜의 각도가 추적하게 된다.

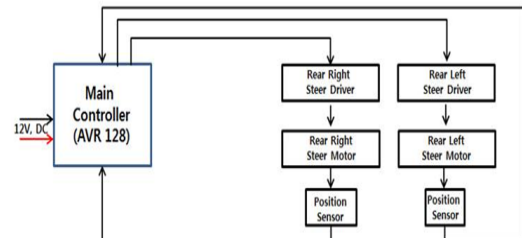


그림 7. 퍼스널 모빌리티의 조향장치 블록도  
Fig. 7. Steering system block diagram for personal mobility

사용되는 각도센서는 조향각도에 대한 정보를 전압으로 출력된 신호를 주제어기에 보내주고 현재 전륜의 각도만큼 후륜의 조향모터를 동작시킨다. 핸들의 각도가 정해지지 않고 지속적으로 변하면 후륜의 조향각도는 계속해서 핸들의 각도를 추적하게 된다.

## 4. 퍼스널 모빌리티의 조향실험

대각선 주행을 구현하기 위해서는 전륜과 후륜의 조향이 정확하게 일치하여야 한다.

조향 성능 측정 실험은 전륜과 좌우 후륜에 설치된 포텐시오미터의 출력 전압값을 오실로스코프를 이용 측정하여 각각의 바퀴의 조향각도를 비교하는 방법을 적용한다.

측정장비는 4채널 오실로스코프를 사용하였으며 포텐시오미터의 출력단자에 연결하여 전압 파형을 확인하였다. 전륜을 조향시킬 때 발생하는 그래프와 후륜의 포텐시오미터에서 발생하는 그래프를 비교하면 전륜과 후륜의 조향이 동시에 이루어지는지 확인이 가능하다.

오실로스코프의 칸당 시간은 200[ms/Div]로 설정하며 파형이 변하는 시작점에서 파형의 끝점까지 시간을 확인하였다. 측정 대상은 무부하 상태일 때와 부하상태일 때 각각 핸들의 조향이 90°와 45° 회전할 때의 출력파형을 측정하였다.

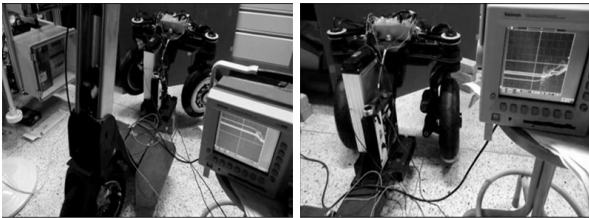


그림 8. 퍼스널 모빌리티의 조향실험  
Fig. 8. Experiments of steering control for personal mobility

4.1 무부하 상태 조향실험

그림 9는 핸들에 장착된 전륜(front wheel)을 우측으로 90° 조향할 때 좌측 후륜(left rear wheel)과 우측 후륜(right rear wheel)의 조향이 추종하는 전압파형이다. 오실로스코프의 스케일을 200[ms/Div]로 측정했을 때 약 180[ms]후에 후륜의 파형이 변화하며 이는 후륜이 약 180[ms] 후에 전륜을 추종한다는 것을 알 수 있다.

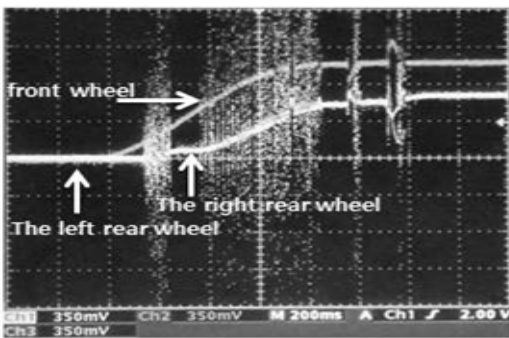


그림 9. 무부하 우측 90° 조향 출력 파형  
Fig. 9. Waveform of steering angles while steering from 0 degree to right 90 degree without load weight

그림 10은 전륜 조향을 우측 90도 상태에서 원 위치인 0도로 복귀할 때 전륜과 좌우후륜의 조향각을 전압으로 측정한 파형이다. 전륜이 조향을 시작하고 약 190[ms] 후에 후륜이 추종하며, 전륜 조향이 끝나고 약 200[ms]후에 후륜 조향이 완료되는 것을 알 수

있다.

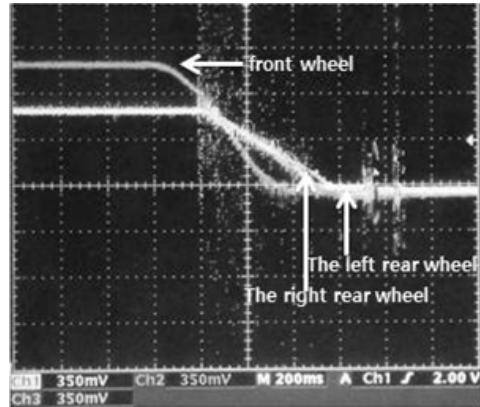


그림 10. 무부하시 우측 90° 에서 원위치로 복귀할 때 출력 파형

Fig. 10. Waveform of steering angles while steering from right 90 degree to center without load weight

그림 11은 대각선 주행을 위해 전륜을 우측으로 45°로 조작했을 때 전륜과 좌측 후륜, 우측 후륜에 장착된 조향각 센서의 전압파형을 나타낸다.

전륜 파형과 후륜 파형을 비교해보면 전륜의 조작보다 후륜은 160[ms] 지연되어 조향되기 시작하는 것을 알 수 있다. 반면 전륜 조향이 완료된 후 곧바로 후륜 조향도 완료됨을 확인할 수 있다.

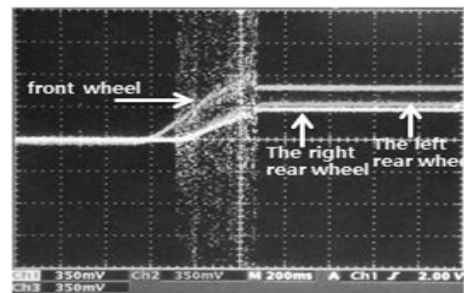


그림 11. 무부하시 우측으로 45도 조향 출력 파형  
Fig. 11. Waveform of steering angle while steering from 0 degree to 45 degree with are load weight

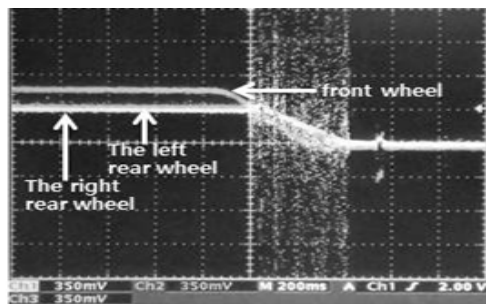


그림 12. 무부하시 우측 45도에서 중앙으로 복귀 출력 파형  
Fig. 12. Waveform of steering angle while steering from right 45 degree to center without load weight

그림 12는 전륜이 우측 45° 에서 0° 로 복귀하도록 조향할 때 전륜과 좌우 후륜의 조향각 파형을 나타낸다. 전륜 파형과 후륜 파형을 비교하면, 전륜이 움직이고 약 80[ms] 후에 후륜이 움직임을 알 수 있다. 또 전륜 조향이 완료되고 후륜이 추종하는데 약 60[ms]의 지연이 있음을 확인할 수 있다.

#### 4.2 부하상태 조향실험

부하상태일 때의 조향 실험은 실제 사용자가 퍼스널 모빌리티에 탑승하여 실험을 진행하였다. 오실로스코프의 설정은 무부하 상태일 때와 동일하며 90°, 45° 일 때의 변화시간을 측정하였다.

그림 13은 실제 사용자가 탑승하여가운데 정렬되어 있는 핸들을 우측으로 90° 로 조작했을 때 좌측 후륜과 우측 후륜이 추종하는 실험 결과를 나타낸다. 전륜 조향각과 좌우 후륜의 조향각을 나타내는 파형을 비교하면 후륜의 추종 성능을 확인할 수 있다. 전륜의 파형을 보면 무부하 상태일 때와 달리 급격히 상승함을 알 수 있고 이는 사용자가 핸들을 급히 조작하였음을 나타낸다. 또한 전륜의 최종 전압도 무부하일 때보다 약 120[mV] 높는데 이는 사용자가 우측으로 90도 이상을 회전시켰음을 나타낸다. 이는 핸들의 조향각을 측정할 수 있는 각도가 없어 실험에서 사용자는 정확히 90도를 조향할 수 없기 때문이다.

전륜 파형과 후륜 파형을 비교해보면, 전륜이 움직이고 약 180[ms] 후에 후륜이 추종하기 시작한다. 또한 전륜이 90도에 도달하고 약 400[ms] 후에 후륜이 추종하여 90도에 도달함을 알 수 있다.

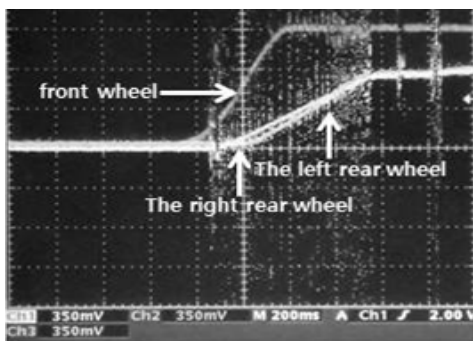


그림 13. 부하시 우측으로 90° 조향 출력 파형  
Fig. 13. Waveform of steering angle while steering from 0 degree to right 90 degree with load weight

그림 14는 우측 90° 에서 0° 로 복귀하는 전륜의 파형과 좌우 후륜의 파형을 나타낸다.

전륜과 좌우측 후륜의 파형을 비교해보면, 전륜이 움직이고 약 180[ms] 후에 후륜이 추종하기 시작하여, 전륜이 원 위치인 0도에 도달하고 약 200[ms] 후에 후륜이 추종하여 0도에 도달하는 것을 확인할 수 있다.

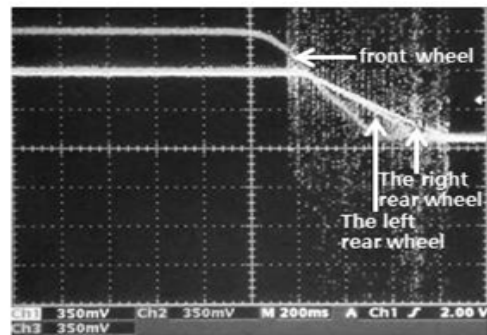


그림 14. 부하시 우측 90° 에서 중앙으로 복귀 출력 파형  
Fig. 14. Waveform of steering angle while steering from right 90 degree to center with load weight

그림 15는 부하 상태일 때 핸들을 원 위치 0도에서 좌측으로 45° 로 조작했을 때 전륜과 좌우 후륜의 조향각 센서에서 발생한 전압파형이다. 초기에 전압이 0은 전륜과 후륜의 조향각이 모두 0도임을 나타낸다. 반면 후반부에 전압이 음의 값을 가지는 것은 조향이 좌측으로 되었음을 나타낸다. 전륜의 파형이 변화하고 약 180[ms] 후에 후륜의 파형이 변화하기 시작하는 것을 보면, 전륜의 조향에 따라 후륜이 추종하는 것을 알 수 있다. 또한 전륜이 좌측 45도에 도달하고 약 160[ms] 후에 후륜이 좌측 45도에 도달하는 것을 확인할 수 있다.



그림 15. 부하시 좌측으로 45도 조향 출력 파형  
Fig. 15. Waveform of steering angle while steering from 0 degree to right 45 degree with load weight

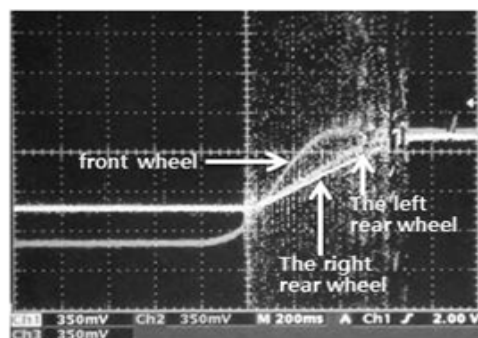


그림 16. 부하시 좌측 45도에서 중앙으로 복귀 출력 파형  
Fig. 16. Waveform of steering angle while steering from right 45 degree to center with load weight

그림 16은 부하상태일 때 전륜 조향을 좌측 45도에서 0도로 복귀하면 좌우 후륜 조향도 좌측 45도에서 0도로 변화하는 것을 나타낸다. 전륜 파형이 상승하고 약 180[ms] 후에 좌우 후륜조향이 상승하는 것을 보면, 전륜 조향에 따라 좌우 후륜 조향이 추종함을 알 수 있다. 전륜 조향이 정상상태에 도달하고 약 200[ms] 후에 0도에 도달함을 확인할 수 있다.

## 5. 결론

본 논문에서는 대각선 주행이 가능한 퍼스널 모빌리티의 메커니즘과 제어장치 그리고 구성하고 있는 장치들을 제안하였다. 그리고 대각선 주행을 위해 후륜의 조향 성능실험을 실시하였다. 무부하시와 부하시에 각각 전륜을 원점에서 우측 90도 조향 회전하고 다시 원점으로 복귀하는 실험과 45도 조향 회전하고 다시 원점으로 복귀하는 실험을 각각 실행하였다.

조향실험을 통하여 제안한 메커니즘과 제어장치는 대각선 주행을 위해 1인 탑승의 부하시에 전륜이 45도 조향시 좌우 후륜은 약 200ms내에 추종된다는 것을 확인하였다. 이는 사용자가 충분히 대각선 주행을 하는데 문제가 없다고 할 수 있다.

향후 대각선 주행과 전방향 주행의 사용자 편리성 향상을 위해 지능적인 방법에 관한 연구가 필요하다.

## References

- [1] Ju-cheon Cha, "A Study of Sustainable Personal Mobility Design Types based on Urbanization", KSBDA, vol. 12, pp. 405-413, 2011.
- [2] Jeong-Ah Jang, "ICT Based Assistance Technologies for Vulnerable Road User's Walk ability", The Magazine of the Korean Society of Civil Engineers, vol. 62, no. 1, pp. 21-29, 2014.
- [3] Gyu-Jin Jo, and Young-Jae Ryoo, "Electric Driven Three-Wheeled Robotic Vehicle (Robicle) for Personal Mobility System," International Symposium on Advanced Intelligent Systems, pp. 435-439, 2014.
- [4] Gyu-Jin Jo, Young-Jae Ryoo, Dae-Yeong Im, and Hyun-Rok Cha, "Design of Personal Mobility with 360 Degree Rotation in Narrow Space," Proceedings of KIIS Spring Conference, vol. 24, no. 1, pp. 5-6, 2014.
- [5] Yong-Jun Lee and Young-Jae Ryoo, "Manual and Automatic

Steering System Using Pulley and Electrical Clutch for Manned and Unmanned Electric Vehicle", Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 22, No. 5, pp. 597-602, 2012.

- [6] Dae-Yeong Im and Young-Jae Ryoo, "Development of Steering Actuator for Unmanned Vehicle Based on Magnetic Marker", Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 19, No. 3, pp. 375-380, 2009.
- [7] Tae-Seok Jin, Hyun-Sik Kim, Jong-Wook Kim, "Integrated Task Planning based on Mobility of Mobile Manipulator(M2) Platform", INTERNATIONAL JOURNAL of FUZZY LOGIC and INTELLIGENT SYSTEMS 9(3), 206-212, 2009.
- [8] Anastasia Razinkova, Hyun-Chan Cho, Hong-Tae Jeon, "An Intelligent Auto Parking System for Vehicles", INTERNATIONAL JOURNAL of FUZZY LOGIC and INTELLIGENT SYSTEMS 12(3), 226-231, 2012.

## 저 자 소 개



**박수산(Su-San Park)**

2015년 : 목포대학교 제어로봇공학과 공학사

2015년~현재 : 목포대학교 일반대학원

전기공학과 석사과정

관심분야 : Personal Mobility

Phone : +82-10-7207-4664

E-mail : susan@mokpo.ac.kr



**유영재(Young-Jae Ryoo)**

2000년~현재 : 목포대학교 제어로봇공학과

교수

2010년~2012년 : 미국 버지니아텍 교환교수

관심분야 : Intelligent Robot, Future Vehicles, Robicle

Phone : +82-51-450-2754

E-mail : yjryoo@mokpo.ac.kr



**임대영(Dae-Yeong Im)**

2004년 : 목포대학교 제어시스템공학과  
공학석사

2008년 : 목포대학교 제어시스템공학과  
공학박사

2014년~현재 : 한국생산기술연구원 선임연구원

관심분야 : 무인주행차량, 자계안내시스템, 지능제어시스템

Phone : +82-62-600-6460

E-mail : dylim@kitech.re.kr



**차현록(Hyun-Rok Cha)**

2000년 : 전남대학교 대학원 전기공학과 석사  
졸업

2009년 : 동경공업대학 물리정보응용 졸업  
(공학박사)

2000~2004 : 선임연구원, 삼성광주전자 부설  
연구소

2007 : 동경공업대학 정밀공학연구소 준객원연구원

2004년~현재 : 한국생산기술연구원 수석연구원

관심분야 : 전동력모듈설계 및 제어, 전기차 파워트레인,  
초음파응용 생산공정 기술

Phone : +82-62-600-6210

E-mail : hrcha@kitech.re.kr