

# 무게 변화에 따른 차륜형 밸런싱 로봇의 제어기 설계 및 실험연구

## Experimental Studies of Controller Design for a Car-like Balancing Robot with a Variable Mass

김현욱 · 정 슬\*

Hyun Wook Kim and Seul Jung

지능 시스템 및 감성공학 실험실

충남대학교 메카트로닉스공학과

### 요 약

본 논문에서는 두 바퀴로 구동되는 역진자기반의 1인승 차량의 안정적인 균형을 위해 제어기를 설계하였다. 탑승자의 몸무게에 따라 전체 질량이 달라지므로 그에 따른 PID 제어기의 이득값을 실험적으로 구하였다. 이 때 탑승자의 몸무게에 따라 무게 중심이 달라지게 되는데, 이는 밸런싱 각도에 영향을 미치게 된다. 따라서, 안정적인 균형을 이루기 위해서는 몸무게에 따른 목표 밸런싱 각도를 수정하여 제어해야 한다. 다양한 탑승자의 몸무게를 측정하기 위해 차량에 체중계를 달고 측정된 체중 데이터를 컴퓨터로 전송하여 제어기에 적용하였다. 다양한 실험으로 얻은 정보를 사용하여 제어기의 게인 스케줄링을 통하여 보다 안정적인 균형을 유지할 수 있었다.

**키워드 :** 차륜형 로봇, 게인 스케줄링, 밸런싱 제어

### Abstract

This paper presents controller design of a two wheeled mobile inverted pendulum robot for one man transportation vehicle. Since the overall mass is varying with different drivers, suitable controller gains are obtained through experimental studies. Variation of the center of gravity due to different masses also affects stable balancing control. Thus, the desired balancing angle is required to be modified with respect to different masses. To measure masses for different drivers, a weight scale is used and those data are used for balancing control through communication. The gain scheduling method of using data obtained from experimental studies allows the robot to have stable balancing performances.

**Key Words :** Two wheeled mobile robot, gain scheduling, balancing control

## 1. 서 론

최근에 자원의 고갈과 환경에 대한 문제가 대두되면서 자연에너지 응용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 가솔린 엔진을 사용하는 자동차의 경우 공기 오염의 주원인으로 대체 엔진에 대한 연구가 한창이다. 이에 친 환경적인 전기 자동차에 대해 관심이 높아지면서 최근에는 전기 자동차의 도로 주행이 가능하게 되었다. 현재 여러 가지 인프라가 부족함에도 불구하고 전기자동차의 도로주행을 할

수 있도록 한 것은 그 만큼 전기자동차에 대한 수요가 절실하기 때문일 것이다.

전기 자동차는 이전에 골프카로서 많이 사용되어왔다. 최근에는 일인용 운반수단으로 개발된 Segway도 전기차의 하나로 볼 수 있다[1]. Segway의 밸런싱 기술은 역진자의 균형 기술을 이동로봇 기반의 역진자로 확대하여 많은 연구가 있었다[2-8]. 또한 최근에는 그 후속 모델로 미국의 GM과 Segway사의 합작품이 PUMA가 출시되었다[9]. PUMA 전기자동차는 그림 1에 보여진 것처럼 Segway의 밸런싱 기술을 사용한 것으로 기존의 Segway를 발전 시켜 2인승 자동차형태의 구조로 만들어졌다. 미래의 근거리 운송 수단을 목적으로 제작 되었으며 시내와 같이 복잡하고 좁은 곳을 자유롭게 주행 할 수 있도록 설계가 되었다. PUMA같은 경우 무게 중심의 이동으로 안정적으로 밸런싱 상태를 유지 하면서 주행 할 수 있다. 안정화를 위하여 다수의 고가 센서를 사용하여 기울어진 각도를 측정하고 제어하기 때문에 가격이 비싼 것이 단점이다.

따라서, 국내에서는 저가용 센서를 이용하여 기울어진 각

접수일자 : 2010년 4월 15일

완료일자 : 2010년 7월 30일

본 논문의 일부는 2010년 지능시스템 춘계 학술대회에서 발표되었습니다.

\* : Corresponding author

감사의 글 : 본 연구는 교육과학기술부 특정기초사업과 지식경제부 융복합형 로봇 전문인력양성사업의 지원으로 연구되었으며, 이에 감사를 드립니다.

도를 측정하여 균형제어를 할 수 있는 연구가 진행 되었다 [8]. 무게중심의 이동이 아니라 실제 자동차와 유사하게 핸들에 의해 회전을 할 수 있고, 가.감속 페달에 의해 이동을 제어할 수 있는 시스템을 설계 및 제작하였다[10,11]. 안정적인 균형을 잡기 위해 제어기의 이득값이 중요하게 작용하였다.

본 논문에서는 다양한 운전자가 탑승하여도 안정적인 균형을 유지하도록 제어기를 설계 하였다 [10]. 탑승자의 몸무게에 따라 무게 중심이 달라지게 되는데 이는 밸런싱 각도와 제어기의 값에 영향을 미치게 된다. 그림 1에서 보면 무게중심이 앞 구조물의 무게 m1의 영향으로 앞쪽에 놓이게 된다. 균형 상태가 되기 위해서는 m1과 m2의 무게가 평형을 이루는 지점 즉, 전체 차량의 무게 중심으로 이동해야 한다. m2와 같은 경우 사람 별로 체중이 다르기 때문에 전체 차량의 무게 중심이 달라진다.

따라서, 안정적인 균형을 이루기 위해서는 몸무게에 따른 목표 밸런싱 각도를 수정하고 제어기의 이득값을 조절하는 것이 필요하다. 따라서, 탑승자의 몸무게를 잴 수 있는 시스템을 추가하여 체중에 따라 변화 되는 무게중심의 위치를 실험적으로 찾고 PID 제어기의 이득값을 구하였다.

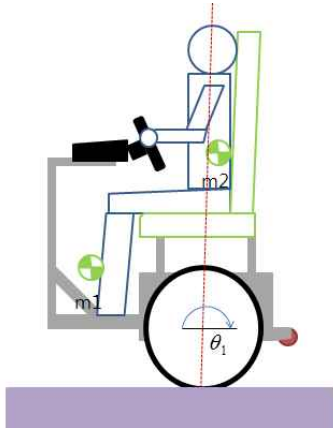


그림 1. 차륜형 밸런싱(TransBOT) 로봇의 개략도  
Fig. 1. Concept of TransBOT

## 2. 모델링 및 제어 알고리즘

그림 1의 차륜형 밸런싱 로봇은 간단하게 그림 2와 같이 모델링 할 수 있다. 제어해야 할 변수는 밸런싱 각도  $\theta$ , heading 각도  $\phi$ , 그리고 xy좌표의 위치인  $p$ 이다.

자이로 센서와 틸트 센서 데이터를 필터링하여 밸런싱 각도를 구한다[10]. 모터축에 있는 엔코더를 사용하여 각 바퀴의 회전수 카운트하여 위치와 선속도를 구한다. 로봇의 속도  $v$ 와 각속도  $\omega$ 은 다음과 같다.

$$v = \frac{v_R + v_L}{2} \quad (1)$$

$$\omega = \frac{v_R - v_L}{L} \quad (2)$$

여기서  $v_R$ 과  $v_L$ 은 각각 오른쪽 왼쪽 바퀴의 선속도이고  $L$ 은 두 바퀴사이의 거리이다.

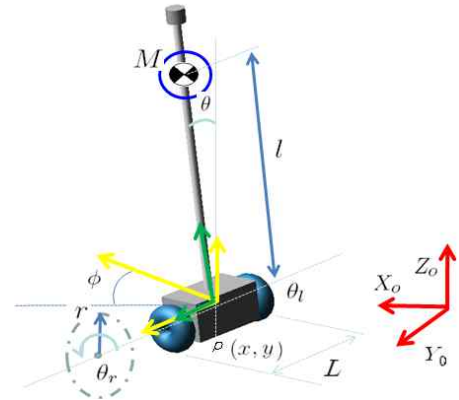


그림 2. 차륜형 밸런싱 로봇의 모델링  
Fig. 2. Modeling of TransBOT

균형을 유지하면서 위치를 제어하기 위해서는 균형을 제어하는 PD제어기, 위치 및 heading 각도를 제어하기 위한 PID 제어기를 사용한다[10].

$$\begin{aligned} \tau_R = & K_{p\theta}(\theta_d - \theta) + K_{d\theta}(\dot{\theta}_d - \dot{\theta}) \\ & + K_{p\phi}(\phi_d - \phi) + K_{d\phi}(\omega_d - \omega) + K_{i\phi} \int_0^t (\phi_d - \phi) dt \quad (3) \\ & + K_{pp}(p_d - p) + K_{dp}(v_d - v) + K_{ip} \int_0^t (p_d - p) dt \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_L = & K_{p\theta}(\theta_d - \theta) + K_{d\theta}(\dot{\theta}_d - \dot{\theta}) \\ & - K_{p\phi}(\phi_d - \phi) - K_{d\phi}(\omega_d - \omega) - K_{i\phi} \int_0^t (\phi_d - \phi) dt \quad (4) \\ & + K_{pp}(p_d - p) + K_{dp}(v_d - v) + K_{ip} \int_0^t (p_d - p) dt \end{aligned}$$

여기서,  $\theta_d$ 는 목표 밸런싱 각도,  $\dot{\theta}_d$ 는 목표 각속도,  $\phi_d$ 는 목표 heading각도,  $\theta$ 는 밸런싱 각도,  $\dot{\theta}$ 는 밸런싱 각속도,  $\phi$ 는 heading각도,  $\omega_d$ 는 목표 heading 각속도,  $\omega$ 는 heading각속도,  $p_d$ 는 목표 위치,  $p$ 는 위치,  $v_d$ 는 목표 속도,  $v$ 는 속도를 나타낸다.  $K_i$ 는 제어기의 이득값이다. 이 제어기의 이득값은 탑승자의 무게에 따라 적절하게 설정해야 안정적인 균형을 유지할 수 있게 된다. 또한 목표 밸런싱 각도값  $\theta_d$ 는 실험자들을 통해 얻은 체중에 따른 무게 중심의 각도로 실험적으로 구한다.

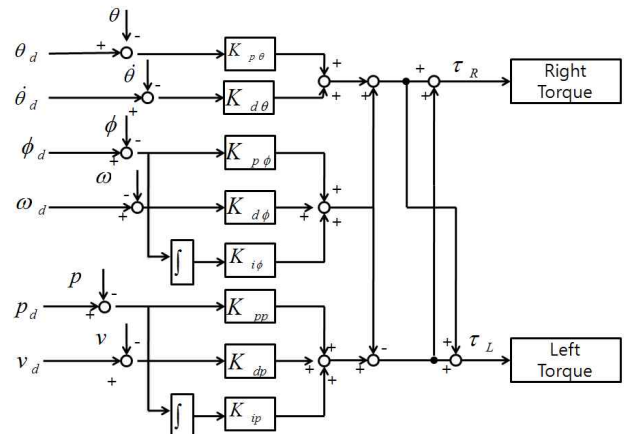


그림 3. 제어 블록 다이어그램  
Fig. 3. Control block diagram

그림 3은 전체적인 제어 블록다이어그램을 나타낸다.  $\theta$ 와  $\dot{\theta}$ 는 틸트센서와 자이로센서를 통해 구하고, 엔코더를 이용하여  $p$ 와  $v$ 를 구한다.  $\phi_d$ 와  $\omega_d$ 는 핸들의 움직임에 의해 정해지고,  $p_d$ 와  $v_d$ 는 가속 페달에 의해 정해진다.

### 3. 시스템 환경

#### 3.1 차륜형 밸런싱 로봇

그림 4는 기존에 제작되어진 역진자 기반의 1인승 차량의 모습을 나타낸다. 크기가 80(W)×75(D)×140(H)이고, 중량은 약 135kg이다. 2개의 엔코더가 장착된 DC모터로 구동이 되며, 바퀴의 반지름은 20cm이고 양 바퀴의 거리는 70cm이다. 자이로와 틸트 센서를 사용하여 각도를 추출하였고, 모니터를 설치하여 각종 데이터 값들을 실시간으로 확인 할 수 있다.

실제 차량과 유사하게 만들기 위해 핸들과 페달을 달아 조향제어 및 속도 제어를 할 수 있게 하였다. 또한 몸무게를 측정 할 수 있는 시스템을 추가 하여 다양한 탑승자에 대한 안정적인 주행을 할 수 있도록 하였다. 주행은 2가지로 구분 되는데 일반 주행 모드인 경우는 앞의 보조 바퀴와 주행 2바퀴를 합쳐 4개의 지지점으로 주행 할 수 있고, 밸런싱 모드인 경우는 앞의 보조 바퀴를 모터를 이용하여 올린 다음, 두 바퀴 만을 이용하여 주행 한다.



그림 4. 실제 차륜형 밸런싱 로봇  
Fig. 4. Real TransBOT

전반적인 로봇의 하드웨어 시스템 구성은 그림 5와 같다. 컴퓨터는 조이스틱의 데이터와 DSP2812와 시리얼 통신을 통해 전체로봇의 상태를 점검한다. 사용자는 Labview를 통해 로봇의 상태를 알 수 있게 하였다. 각종 센서 및 모터 구동, 그리고 데이터 처리는 DSP2812를 통해 수행 되어 진다.

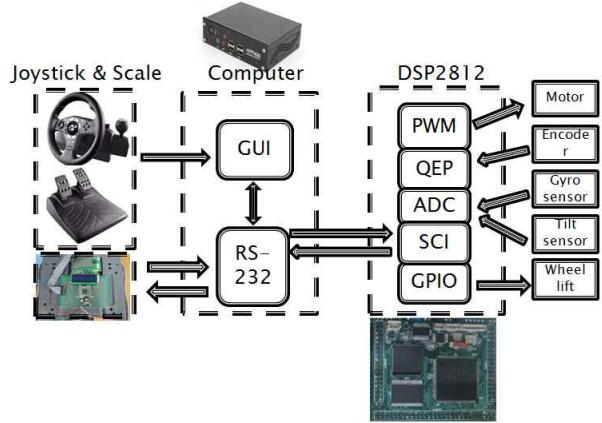


그림 5. 역진자 이동로봇 시스템 구성  
Fig. 5. Control hardware structure

#### 3.2 다양한 탑승자의 무게 측정 시스템

일반 주행 모드에서 밸런싱 모드로 전환 하였을 때 로봇은 무게중심을 잡기 위해 앞뒤로 움직이게 된다. 만약 무게가 다른 사람이 탈 경우에 같은 PID제어기의 이득값과 목표 밸런싱 각도값을 사용하면 무게 중심을 잡기 위해 움직이는 오차가 크게 나서 불안정 해진다. 따라서, 실험적으로 사람의 체중을 통해 대략적인 무게 중심점을 파악 하고 그에 맞는 PID 제어기 이득값을 사용하고 목표 각도 값을 사용할 경우에 앞뒤로 움직이는 오차가 줄어들어 안정적인 움직임을 구할 수 있다.

탑승자의 몸무게를 측정하여 컴퓨터와 시리얼 통신하기 위해 체중계의 센서 부분을 개조하였다. 체중계가 2mV/1V 로드셀을 사용하므로 최대 10mV값(5v사용시 최대100kg)을 측정 할 수 있다. 측정 데이터가 수mV의 값으로 증폭한 후 AD변환을 하였다. 사용한 ADC는 10비트이므로 1kg단위의 정확도를 나타낼 수 있다.

또한 체중계의 데이터가 수mV의 아날로그 값으로 잡음이 많기 때문에 평균필터를 사용하였다.

$$Y(n) = \frac{\sum_{i=0}^9 X(n-i)}{10}; \tag{5}$$

기본적인 1차 저주파 통과필터를 사용하여 고주파의 잡음을 없애 주었다.

$$F_w(s) = \frac{1}{\tau s + 1} \tag{6}$$

위의 필터의  $\tau$ 값은 실험을 통해 구할 수 있었으며 0.8로 설정을 하였다.

### 4. 실험결과

#### 4.1 실험방법

25kg이상 100kg까지의 몸무게에 대한 이득값과 목표 밸런싱 각도 값을 구하였다. 이를 바탕으로 다양한 몸무게의 학생들을 대상으로 최적의 이득값과 목표 밸런싱 각도 값을 찾았다. 본 실험의 실험대상은 40kg-49kg, 50kg-59kg, 60kg-69kg, 70kg-79kg 사이의 몸무게를 가진 남녀 인원을 선발 하여 실험을 하였다.

표1. 체중 별 이득값 및 밸런싱 각도  
Table. 1. Gains and angles for different weights

Weight range	Desired angle (rad)	Angle PID gain		Position PID gain	
		$K_{p\theta}$	150	$K_{pp}$	-15
20kg-29kg	0.0436	$K_{d\theta}$	12	$K_{ip}$	-10
		$K_{dp}$	-1		
40kg-49kg	0.0314	$K_{p\theta}$	190	$K_{pp}$	-15
		$K_{d\theta}$	12	$K_{ip}$	-12
50kg-59kg	0.023	$K_{p\theta}$	195	$K_{pp}$	-15
		$K_{d\theta}$	12	$K_{ip}$	-14
60kg-69kg	0.019	$K_{p\theta}$	200	$K_{pp}$	-17
		$K_{d\theta}$	14	$K_{ip}$	-13
70kg-79kg	0.01	$K_{p\theta}$	205	$K_{pp}$	-18
		$K_{d\theta}$	14	$K_{ip}$	-14
				$K_{dp}$	-1

실험 대상자 전원이 처음 로봇을 운전하였고 20kg-29kg 영역의 경우에는 A4박스를 이용하여 실험을 하였다. 표 1 은 체중 별로 설정한 목표 밸런싱 각도 값과 위치 및 밸런싱 각도 제어의 이득 값을 을 나타내고 있다. 헤딩각제어기 이득 값은 같은 값을 사용하였다.

표 2. 체중별 RMS 오차  
Table 2. RMS error

Weight range	실험 횟수	RMS 오차		
		angle (rad)	position (m)	heading angle(rad)
20kg-29kg	5	0.0095	0.0323	0.0361
40kg-49kg	5	0.0202	0.0573	0.0736
50kg-59kg	5	0.0166	0.0478	0.0657
60kg-69kg	5	0.0111	0.0355	0.0850
70kg-79kg	5	0.0190	0.0494	0.0910

표 2는 5번의 실험을 통한 오차값의 RMS값을 나타 낸 것이다. 각도의 경우 밸런싱일 때, 기준값과 현재 값의 오차

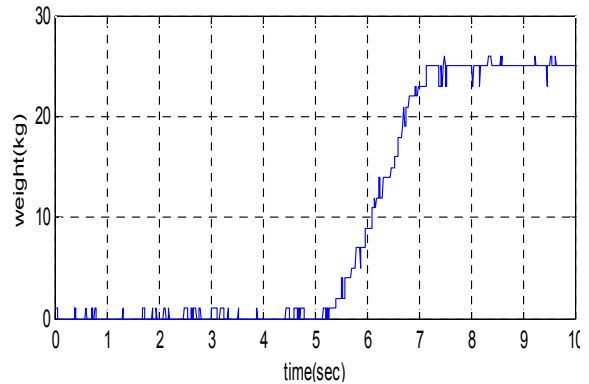
를 rms로 환산 한 것이고, position과 heading angle은 모든 주행 상태의 기준값과 현재 값의 오차를 rms로 환산하였다. 표 2에서 볼 수 있듯이 밸런싱 각도 오차와 위치 오차의 경우 편차가 크지 않고 비슷한 것을 볼 수 있다. 하지만, 헤딩각도 RMS 오차의 경우에는 무게가 클 수록 오차가 커지는 경향을 보였는데, 그 이유는 헤딩각의 PID 제어기 이득값은 수정하지 않고 같은 값을 사용하였기 때문에 생긴 현상이다.

각도값과 위치값의 RMS오차의 경우는 체중별로 PID 제어기의 이득값을 주었기 때문에 오차값이 비슷하게 나타나는 것을 알 수 있다. 각도값의 RMS오차의 경우는 밸런싱 모드가 될 때만 계산 하고 일반 주행 모드 일 때는 포함 하지 않았다.

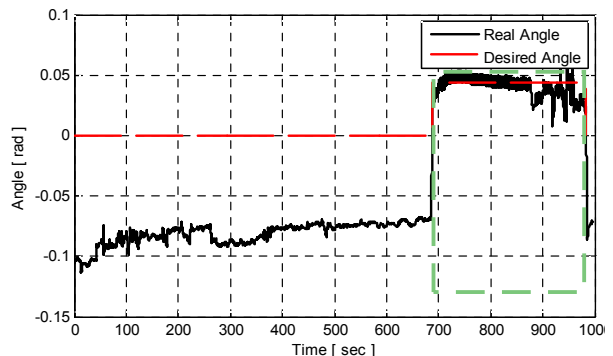
실험은 각 몸무게 영역에 해당하는 25Kg, 43Kg, 75Kg인 탑승자를 선발하여 실험하였다.

#### 4.2 몸무게가 25Kg인 경우

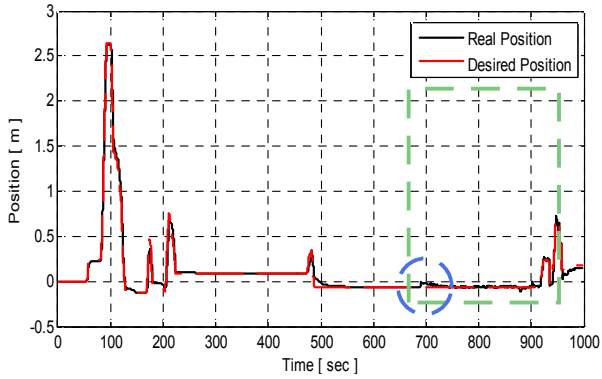
먼저 무게 25kg인 박스의 경우를 실험하였다. 그림 6(a)는 몸무게를 나타내고 (b)는 밸런싱 각도 (c)는 위치 (d)는 (c)의 원 점선을 확대 그리고 (e)는 헤딩각을 나타낸다. 그림에서 녹색선 박스로 표시되어 있는 부분이 밸런싱 모드 부분이다. 그림 6(b)와 (c)에서 밸런싱 모드 상태에서 조향 위치를 조금 움직였을 때 그림 6(b)의 각도 값이 흔들리는 것을 알 수 있다. 그 이유는 밸런싱 상태에서 조향을 하면서 위치 제어가 되기 때문이다.



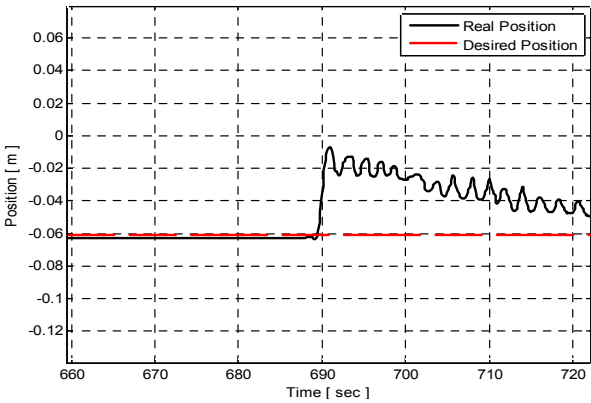
(a) 체중측정 결과



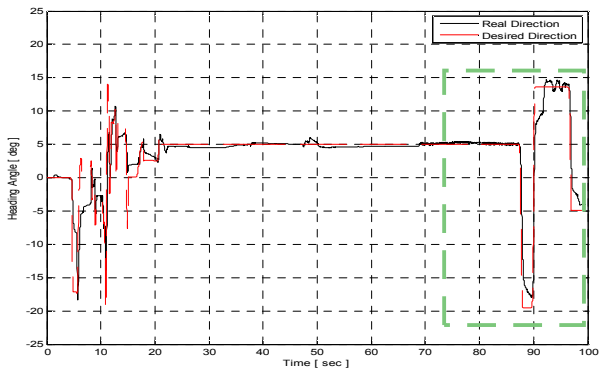
(b) 밸런싱 각도



(c) 위치

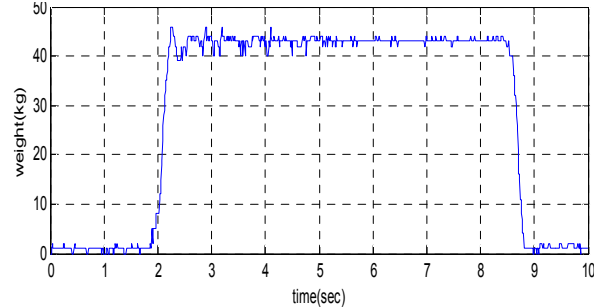


(d) (c)의 원점선 확대

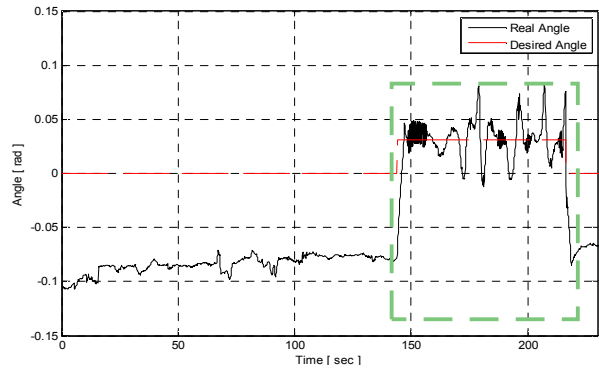


(e) 헤딩각도

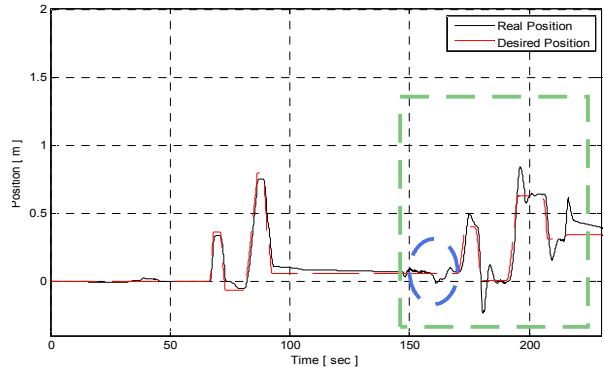
목표 위치 값이 변해 위치오차가 커지므로 토크 값이 평형 상태의 토크 값 보다 커지게 된다. 그리고 각도 값이 앞으로 숙여지면서 각도 오차에 의해 각도 제어 토크 값 역시 커져 목표 위치까지 빠르게 이동 하게 된다. 뒤로 가는 것 역시 같은 원리이다.



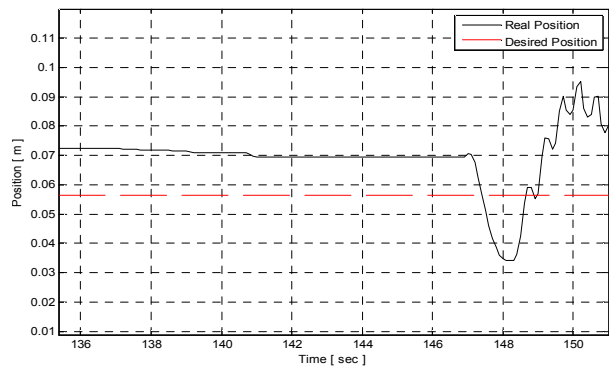
(a) 체중측정값



(b) 밸런싱 각도



(c) 위치



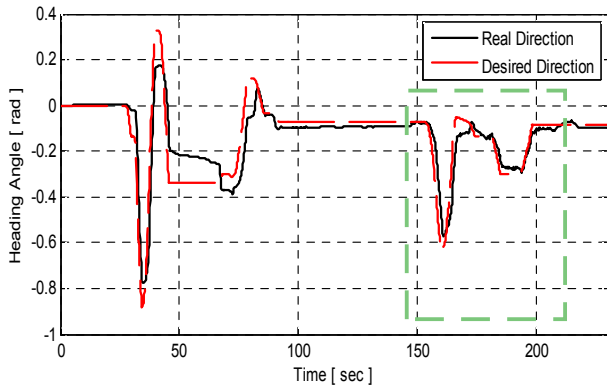
(d) (c)의 원점선 확대

그림 6. 몸무게 25kg의 탑승자의 경우  
Fig. 6. The case of a person with 25Kg weight

그림 6(c)의 원 점선을 보면 일반 주행 모드에서 밸런싱 모드로 전환 될 때 (d)의 확대 그래프로 알 수 있듯이 0.05m정도의 오차가 생기는 것을 알 수 있다.

### 4.3 몸무게가 43Kg인 경우

그림 7은 몸무게가 43kg인 실험대상자를 통해 얻은 결과이다. 그림 7(b)와 그림 6(b)의 밸런싱 각도를 비교하면 더 큰 진동이 있음을 볼 수 있다. 이는 움직이는 사람의 영향으로 나타나는 현상으로 그림 7의 (c)와 (e)에서 알 수 있듯이 앞뒤로 많이 이동하고 회전한 것을 알 수 있다. 밸런싱 상태에서 위치제어와 조향 제어를 하게 되면 차량의 밸런싱 각도 값이 변하게 된다. 그 이유는 앞으로 움직일 경우에

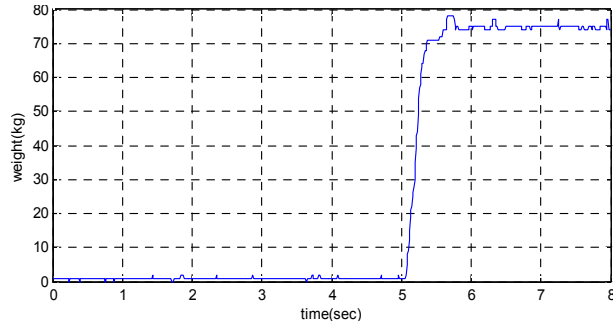


(e) heading각도

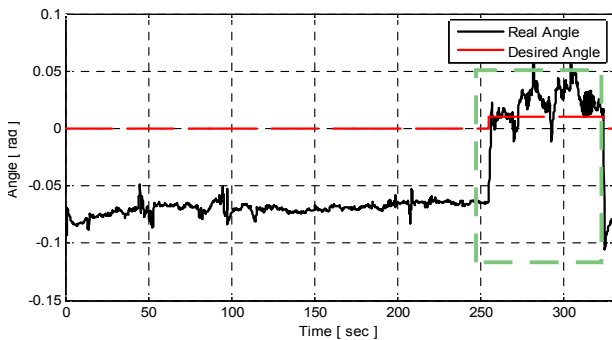
그림 7. 몸무게 43kg의 탑승자의 경우  
Fig. 7. The case of a person with 43Kg weight

4.4 몸무게가 75Kg인 경우

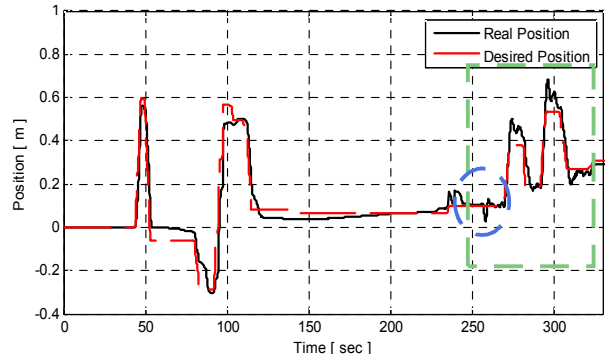
그림8은 몸무게가 75kg인 실험 대상자의 결과이다.



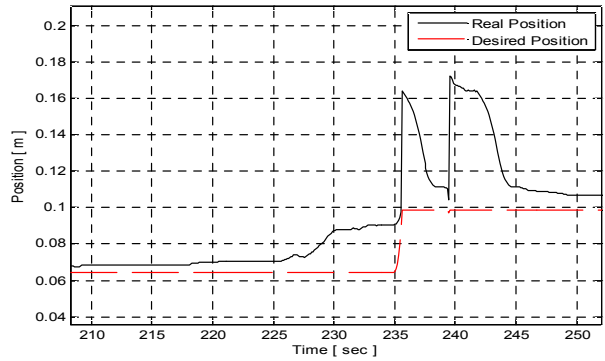
(a)체중증정값



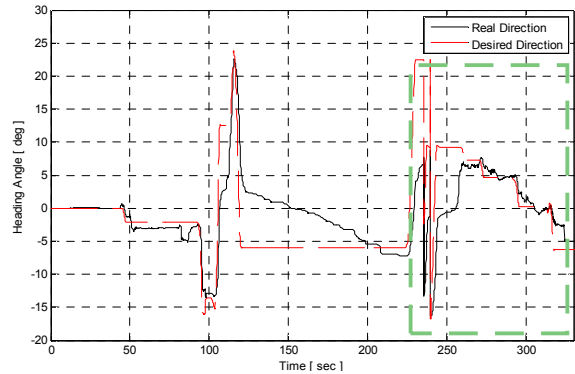
(b) 뒤틀림 각도



(c) 위치



(d) (c)의 원점선 확대



(e) heading각도

그림 8. 몸무게 75kg의 탑승자의 경우  
Fig. 8. The case of a person with 75Kg weight

그림 6, 7, 그리고 8에서 녹색의 박스부분이 뒤틀림 모드 상태를 나타낸다. 그림 6(c), 그림 7(c) 그리고 그림 8(c)의 과란 원안에 있는 부분은 일반 주행 모드에서 뒤틀림 모드로 바뀔 때를 나타낸다. 이는 무게 중심을 잡기 위해 차량이 움직이는 것을 나타낸다. 그림 6(d), 그림 7(d) 그리고 그림 8(d)를 통해 원점선 안을 확대한 그래프를 보면 체중별로 그 편차가 0.1m 정도로 비슷한 것을 확인할 수 있다.

그림 7(b)의 녹색의 박스 부분에서 목표 각도값과 현재 각도값과의 차이가 심한 이유는 위에서 말했듯이 많이 앞뒤로 이동하고 회전하면서 생기는 토크 값에 의한 것이다.

그림 6(e), 그림 7(e), 그리고 그림 8(e)에 나타난 heading각의 경우에는 제어기의 이득 값을 바꾸지 않고 같은 값을 사용했으므로 몸무게가 무거울수록 오차가 크게 나타나는 것을 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 역진자 형태의 1인승 차량로봇의 안정적인 균형 제어를 위해 개인 스케줄링 방법을 사용하였다. 처음 실험을 하기 위해서 사람이 아닌 움직임이 없는 물건들을 싣고 실험을 하여 PID제어기의 이득값과 목표 뒤틀림 각도 값을 구하였다. 그것을 바탕으로 다양한 몸무게를 가진 사람들을 대상으로 실험하여 실험적으로 제어기의 이득값과 목표 뒤틀림 각도 값을 수정하였다. 따라서, 사람의 체중에 따라 자동적으로 PID 제어기 이득값과 목표 뒤틀림 각도값을 변경하여 실험적으로 안정적인 자세 제어를 얻을 수 있

음을 확인하였다. 추후 연구로는 체중에 따라 헤딩각의 계인을 바꾸는 것을 추가 하고 퍼지제어를 사용하여 지능적인 제어를 적용하여 성능을 높이고자 한다.

### 감사의 글

본 실험에 사용된 차량 로봇을 제공한 충남대 석사 졸업 이형직씨(현 주식회사 만도)께 감사를 드립니다.

### 참 고 문 헌

[1] "Segway", <http://www.segway.com>  
 [2] F. Grasser, A. D'Arrigo, S. Colmbi, and Alfred C. Rufer, "JOE: A Mobile, Inverted Pendulum", *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, vol. 49, no. 1, pp.107-114, 2002  
 [3] K. Pathak, J. Franch, and S. K. Agrawal, "Velocity Control of a Wheeled Inverted Pendulum by Partial Feedback Linearization", *IEEE Conference on Decision and Control*, pp.3962-3967, 2004  
 [4] S. H. Jeong and T. Takahashi, "Wheeled Inverted Pendulum Type Assistant Robot : Inverted Mobile, and Sitting Motion", *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp.1932-1937, 2007  
 [5] S. M. Boskovich, "A Two wheeled Robot Control system", *IEEE WESCON 1995*  
 [6] J. S. Noh, G. H. Lee, and S. Jung , "Position Control of a Mobile Inverted Pendulum System Using Radial Basis Function Network", *International Journal of Control, Robot, and Systems*, vol.8,no.1, pp.157-162 ,2010  
 [7] R. Imaumra, T. Takei, and S. Yuta, "Sensor Drift Compensation and Control of a Wheeled Inverted Pendulum Mobile Robot", *Advance Motion Control, IEEE International Workshop on Motion Control*, pp.137-142, 2008  
 [8] Hyungjik Lee, Ho Jin Choi, Jun Hyung Park, Jong Hyun Lee, and Seul Jung , "Center of Gravity Based Control of a Humanoid Balancing Robot for Boxing Games : BalBot V", *ICCAS*, pp. 124-128, 2009

[9] "PUMA", <http://www.segway.com>  
 [10] 이형직, 정 슬, "밸런싱 메커니즘을 이용한 이륜형 자동차 형태의 이동로봇 개발 : BalBOT VII", *로봇학회*, vol.4, no.4, pp. 289-297, 2009  
 [11] 김현욱, 정슬, "다양한 탐승자에 대한 차륜형 밸런싱 로봇의 실험적 연구", *지능시스템 춘계 학술대회*, pp. 142-143, 2010

### 저 자 소 개



#### 김현욱 (Hyun Wook Kim)

2009년 : 충남대 메카트로닉스공학과 졸업.  
 2009년~현재 : 동 대학원 메카트로닉스공학과 지능로봇 전공 석사과정

관심분야 : 지능 이론, 지능 로봇 제어, 밸런싱 로봇의 차량 응용

Phone : 042-821-7232

Fax : 042-823-4919

E-mail : khw1042@naver.com



#### 정 슬 (Seul Jung)

1988년 : 미국 웨인 주립대 전기 컴퓨터 공학과 졸업.

1991년 : 미국 캘리포니아대 데이비스 전기 컴퓨터공학과 석사 졸업.

1996년 : 미국 캘리포니아대 데이비스 전기 컴퓨터공학과 박사 졸업.

1997년~현재 : 충남대학교 메카트로닉스 공학과 교수

관심분야 : 지능 시스템 및 지능 로봇, 밸런싱 시스템응용

Phone : 042-821-6876

Fax : 042-823-4919

E-mail : jungs@cnu.ac.kr