

# 슬라이딩 메커니즘을 이용한 서비스 로봇의 밸런싱 자세의 안정화에 대한 실험연구

## An Experimental Study on Balancing Stabilization of a Service Robot by Using Sliding Mechanism

이 승 준, 정 슬\*  
(Seungjun Lee<sup>1</sup> and Seul Jung<sup>1</sup>)  
<sup>1</sup>Chungnam National University

**Abstract:** This paper presents the analysis and control of the position of the COG (Center of Gravity) for a two-wheel balancing robot. The two-wheel balancing robot is required to maintain balance by driving two wheels only. Since the robot is not exactly symmetrical and its dynamics is changing with respect to moving parts, robust balancing control is difficult. Balancing performance becomes difficult when two arms hold a heavy object since the center of gravity is shifted out of the wheel axis. Novel design of a sliding waist mechanism allows the robot to react against the shift of the COG by moving the whole upper body to compensate for the imbalance of the mass as a counter balancer. To relocate the COG position accurately, the COG is analyzed by force data measured from two force sensors. Then the sliding COG mechanism is utilized to control the sliding waist position. Experimental studies are conducted to confirm the proposed design and method.

**Keywords:** balancing robot, center of gravity, ROBOKER, counter balancer

### I. 서론

최근에 가정용 서비스로봇에 대한 관심이 많아지면서 다양한 형태의 로봇들이 출시되고 있다. 서비스 로봇의 가장 큰 특징은 이동성을 갖는 로봇으로 원하는 곳으로 이동하여 주어진 임무를 수행한다. 이동할 수 있는 가장 성공적인 서비스 로봇은 청소 로봇이다. 이동하면서 진공 청소를 하는 단순 작업을 수행하지만 자기위치인식, 센싱 등 여러 가지 고도기술이 필요하다.

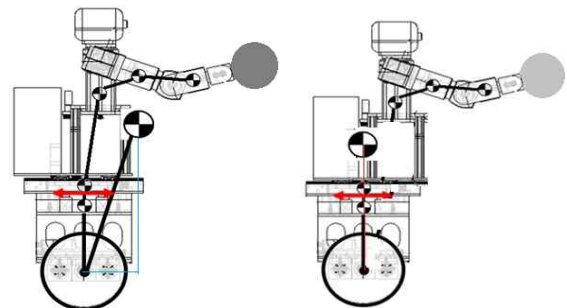
서비스로봇의 종착역은 청소뿐만 아니라 부업일이나 가사를 도울 수 있는 인간과 유사한 로봇을 기대하고 있다. 이동성뿐만 아니라 두 팔로 작업할 수 있는 조작성을 갖춘 이동로봇과 매니플레이터를 합한 형태의 모바일 매니플레이터 로봇을 요구하고 있다[1].

최근에 모바일 매니플레이터에 대한 많은 연구가 진행되어 왔으며, 두 바퀴를 모바일 로봇 플랫폼으로 사용하는 역진자형 이동로봇에 관심이 두드러지게 나타나고 있다 [2-15]. 더욱이 밸런싱 기반의 이동로봇에 팔이 부착된 형태의 서비스로봇에 대한 관심이 높아지고 있다. 두 바퀴 이동을 통해 좁은 공간에서 이동성을 확보하고, 로봇의 두 팔을 이용하여 다양한 서비스를 제공할 수 있기 때문이다[2,8,9].

두 바퀴 서비스로봇의 가장 우선 고려사항은 자세제어부

분으로 두 바퀴로 넘어지지 않고 자세를 유지하여야 한다. 팔 작업을 하거나 물체를 이동하는 작업은 로봇 팔의 움직임부분과 관련이 있게 된다. 허공에서 로봇팔만을 움직인다면 로봇의 움직임에 따른 무게 중심점을 고려해주면 된다. 하지만 물체를 이동한다거나 외부 다른 사물과의 상호작용을 한다면 로봇의 무게중심의 이동이 발생하여 자세제어에 영향을 미치게 된다.

따라서 대부분의 연구가 무게 중심점을 축에 정하고 자세제어를 수행하는 것에 초점을 맞추고 있어 무게 중심점이 축에 있지 않은 경우에 대한 연구는 미비한 실정이다 [10-13]. 선행연구로 밸런싱 로봇에 대한 모델링과 제어를 수행하였고[5,11], 무게 중심이 축의 중심에 놓여 있지 않은 경우에는 기준 각도를 주어 균형을 유지하도록 하는 방법이 있다[14].



(a) Before moving COG. (b) After moving COG.

그림 1. 무게 중심 이동 메커니즘.  
Fig. 1. Shifting mechanism of COG.

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2012. 3. 20., 수정: 2012. 8. 27., 채택확정: 2013. 1. 27.

이승준, 정슬: 충남대학교 메카트로닉스공학과

(sjgb123@gmail.com/jungs@cnu.ac.kr)

※ 본 논문은 2010년 교육과학기술부의 특정기초사업과 지식 경제부의 AIM 센터에서 지원하여 연구하였으며 지원에 감사드립니다.



그림 2. ROBOKER II의 몸통.  
Fig. 2. Body of ROBOKER II.

기준 각도 값을 달리하며 균형을 제어하는 방법은 로봇 팔을 사용하는 경우에 적절하지 못하다. 왜냐하면 로봇 팔이 물체를 잡고 있을 경우에 무게 중심점이 중심축을 많이 벗어나게 되어 각도 제어로는 어렵기 때문이다.

그러므로 본 논문에서는 두 바퀴 역진자형 서비스로봇의 자세 안정화를 위해 로봇의 무게 중심점을 이동하는 방법을 제안한다. 그림 1에 보여진 것처럼 슬라이딩 메커니즘을 이용하여 무게 중심이 바퀴 축에 오도록 제안한다. 상체와 하체가 허리의 슬라이딩 구조로 인해 수평으로 움직일 수 있어 전체 시스템의 무게 중심 위치를 중심축에 오도록 조절할 수 있게 된다.

제안한 방법을 구현하고자 그림 2와 같이 로봇의 무게 중심점이 두 바퀴의 축 상에 위치하도록 허리 부분에 슬라이딩 구조를 설계, 제작하였다. 로봇팔의 움직임을 대신하여 무게중심의 변화를 줄 수 있도록 하고 균형을 유지하는 실험환경을 구축하여 실험하였다.

II. ROBOKER I

1. ROBOKER I의 구성

ROBOKER I은 그림 3에 나타나 있다. 상체가 아래 또는 위로 움직일 수 있도록 설계 되어 있으며, 두 바퀴 구동이 가능하다[13]. 두 팔로 무거운 물체를 들었을 때 무게 중심이 앞으로 쏠리게 되는데 이를 해결하는 방법으로는 밸런싱 기준각도를 설정하여 처리하였다.



그림 3. ROBOKER I.  
Fig. 3. ROBOKER I.

2. 자세 안정화 방법의 문제점

2.1 무게중심의 중심축에 고정하는 방법

대부분의 역진자 이동로봇에 대한 실험은 그림 4(a)의 로봇의 형태로 무게 중심점이 항상 시스템의 일정한 지점에 존재하도록 되어 있어 시스템을 간략화하면 그림 4(b)와 같이 표현된다. 센서 융합 방법을 통하여 밸런싱 각도를 추정하고 제어하는 다양한 실험을 통하여 밸런싱 제어성능을 검증하였다[4].

하지만 그림 4의 시스템에 팔을 달게 되면 무게 중심이 앞으로 옮겨지게 되어 불안정하게 되므로 밸런싱 제어가 어려워진다. 매니플레이터는 12축의 팔과 같이 다수의 자유도를 갖기 때문에 팔의 움직임 및 몸체의 움직임, 팔 끝의 하중에 따라 무게 중심점이 변하게 된다. 이 경우에는 가운데 축을 중심으로 한 각도의 차이를 제어하는 것만으로는 균형제어를 하기 어렵다.

2.2 각도 설정 방법

무게 중심이 중심축에 있지 않은 경우에는 기준 각도를 영으로 설정하지 않고, 실험적으로 찾은 각도를 설정함으로써 안정한 균형을 유지 할 수 있다[14]. 그림 5(a)는 휴머노이드 몸체의 움직임에 따라 무게 중심점이 변하는 것을 보여준다. 밸런싱 기반의 시스템은 무게 중심점이 두 바퀴의 축 사이에 있어야만 자세제어가 가능하다.

그림 5에서 보면 x축 방향의 무게 중심점이 시스템 제어에 가장 중요한 요소이다. 무게 중심점을 바퀴 축 사이로 이동시켜주기 위한 방법으로 기준 밸런싱 각도 값을 변경

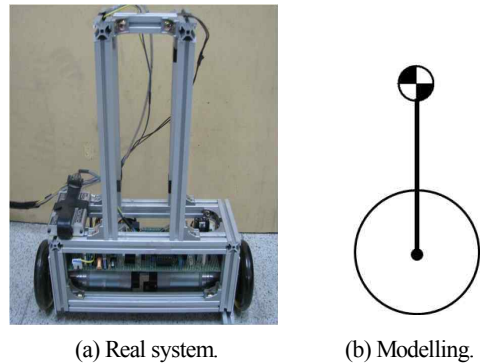


그림 4. 역진자 이동로봇 시스템.

Fig. 4. Mobile inverted pendulum robot s system.

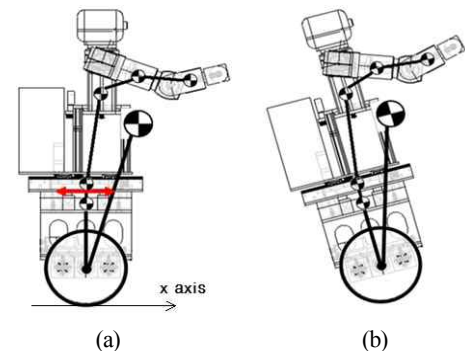


그림 5. 각도 설정 방법에 의한 자세 안정화.

Fig. 5. Balancing stabilization by specified angles.

해주어 무게 중심점을 이동할 수 있다[14].

하지만 휴머노이드 서비스로봇에서 팔 작업을 수행하는 것이 매우 중요하며, 작업을 수행함에 있어 몸통의 베이스 부분이 지면과 평행이 되도록 유지하는 것이 효율적이다. 예컨대, 로봇 팔이 물건을 들고 있는 경우를 가정해 보자. 그림 5(b)의 방법으로 균형을 유지하기 위해서는 로봇전체가 기울어지는 현상이 발생한다. 이는 로봇 팔이 들고 있는 물체가 균형을 잃을 수 있어 물 컵의 물이 쏟아지는 경우가 발생할 수 있다.

본 논문에서는 몸 전체가 기울어져 균형을 유지하지 않는 새로운 개념의 슬라이딩 제어방법을 제안하고 ROBOKER II를 제작하여 실험하였다.

### III. ROBOKER II

#### 1. ROBOKER II의 구성

ROBOKER II는 I의 단점을 보완하고자 다양한 특징을 나타내도록 설계하였다[15]. ROBOKER II의 모바일 베이스 부분과 상체의 몸통 부분은 그림 2와 같다. 다양한 작업환경에서 활용이 가능하도록 모바일 베이스 부분과 로봇 매니플레이터 부분의 분리가 가능하도록 설계되었다. 매니플레이터 부분과 모바일 베이스 부분은 각각 DSP2812에 의해 각각 제어되며, 블루투스 통신으로 상호간에 데이터를 교환하게 된다. 모바일 베이스 부분은 2점점과 4점점 모드 변환을 위해 보조바퀴를 장착하였으며, 250W급의 DC모터를 사용하여 두 바퀴를 구동한다. 또한, 밸런싱이 가능하도록 각도 및 각속도 검출을 위한 3축 자이로 센서를 사용하였다.

로봇의 무게 중심을 두 바퀴의 축 상으로 옮길 수 있도록 매니플레이터 부분에 전후 슬라이딩이 가능하도록 설계하였다. 또한, 추후에 장착될 로봇팔의 다양한 작업공간을 확보할 수 있도록 몸통의 상하 운동, 양팔의 어깨조인트 부분의 상하 운동을 가능하도록 설계하였다.

#### 2. 전체 시스템 구조

전술한 바와 같이 설명한 기능들을 수행하도록 설계된 ROBOKER II는 모바일 베이스부분(3개), 매니플레이터의 양팔(12개), 몸통(4개)으로 전체 19개의 모터를 제어해야 하는 복잡한 시스템이다.

그림 6에는 시스템의 전체 구조가 나타나 있는데 상체와

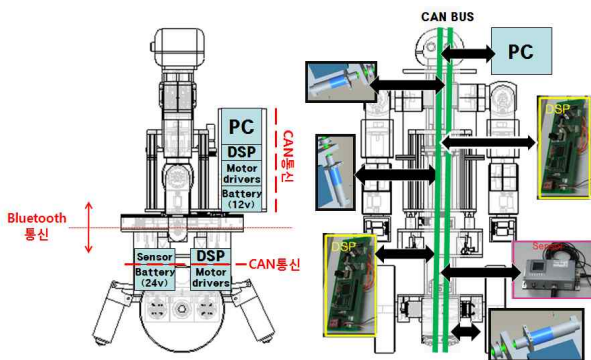


그림 6. ROBOKER II의 시스템 구조.  
Fig. 6. System structure of ROBOKER II.

하체가 각각 DSP로 독립적으로 제어되며, CAN 통신으로 데이터를 교환한다. 그림 6에서 보여진 것처럼 각 부분을 모듈화하여 설계하였으며, 각각의 모듈은 CAN 통신과 Bluetooth 통신으로 구성되어 연결된다. 상체와 하체부분을 CAN 통신으로 연결하므로 전체시스템의 선 작업이 간단해진다. 또한 잡음에 강하며, 빠른 통신 속도의 장점을 가지고 있다. PC를 탑재하여 복잡한 연산이 가능하도록 하였고, 상체부와 하체부의 제어기 하드웨어는 DSP를 사용하였다.

#### 3. 슬라이딩 메커니즘을 이용한 자세제어

무게 중심점을 두 바퀴의 축 상에 두기 위해 기준 각도를 달리하기 보다는 몸통의 움직임을 통해 무게 중심을 가운데 축에 오도록 하는 슬라이딩 COG 보정방식을 제안한다. 허리 부분에 슬라이딩 구조의 기구설계를 추가하여 보상하였다.

역진자 로봇이 안정적으로 자세 제어를 하기 위해서는 외부힘에 대응할 수 있는 힘을 발생해주어야 한다. 4바퀴 이동 로봇의 경우 힘을 발생하기 위해 바퀴구동으로 인한 시스템전체의 이동으로 힘을 발생하는 방법과 매니플레이터 즉, 팔의 움직임에 의해 힘을 발생할 수 있다.

하지만 역진자 로봇의 경우는 가장 우선시 되어야 하는 것이 자세 제어이므로, 자세를 유지하면서 외부 힘에 대응할 수 있는 방법을 적용하여야 한다. 바퀴의 구동만으로 힘을 발생하려면 자세제어가 어려워지며, 위치오차가 발생하게 된다. 또한, 팔의 움직임에 의해서도 자세유지가 어려워지게 된다.

따라서 제안하는 방법으로 시스템의 무게 중심점을 변경해 주어 외부의 힘  $F_d$ 을 소거해 주는 것이다. 외부에서의 힘을 소거하면 무게 중심점이 바퀴 축 상에 놓이게 되어 균형제어가 쉬워진다. 그림 7과 같이 무게 중심점의 이동으로 식 (1)을 얻을 수 있다.

$$mgh \sin(\theta) = F_d \tag{1}$$

여기서  $m$ 은 질량,  $h$ 는 높이,  $g$ 는 중력 가속도를 나타낸다. 즉, 무게 중심점을 이동하여  $F_d$ 값을 상쇄시키므로 자세를 유지할 수 있다. 측면의 힘을 보상하면 중력 방향의 힘이 차축에 걸리게 되므로 무게 중심이 가운데 놓이게 되어 균형을 유지하는데 문제가 되지 않게 된다.

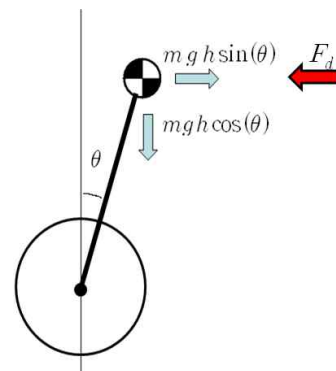


그림 7. 외부힘에 의한 힘보상.  
Fig. 7. External force compensation.

IV. 실험

1. 실험 환경

무게 중심점 변화에 따른 자세제어 실험을 하기 위해 그림 8과 같이 무게변화를 줄 수 있도록 실험환경을 구축하였다.

그림 8에서 ①은 로봇의 무게 중심점을 변경할 수 있도록 하는 가변 무게장치이고 ②는 로봇의 허리부분으로 슬라이딩 매커니즘으로 구성되었다. 그리고 아래 부분의 F1과 F2는 각각의 힘센서가 장착된 곳이다.

각각의 힘센서의 데이터를 통해 같은 값이 되는 지점의 무게 중심점을 찾아내는 것이다. 실험은 다음과 같다.

1) 무게 추의 위치 값을 변경하기 전에 우선적으로 몸통의 전후 슬라이딩을 통해 정지된 시스템의 무게 중심점을 찾아 초기화를 한다. 바퀴 축을 중심으로 앞뒤의 무게 중심만 고려하고 측면의 중심은 고려하지 않았다.

2) 팔의 움직임을 대신하여 로봇의 윗부분의 무게변화를 줄 수 있도록 3Kg의 무게 추를 달아 움직일 수 있도록 하였다.

3) 다양한 무게 변화를 위해 외부힘을 적용하여 실험하였다.

2. 2개의 힘센서 이용한 무게 중심점 찾기

그림 8에서 F1과 F2에 의해 측정된 힘 값으로 무게 중심점을 확인해 보았다. 무게 중심점이 뒤에 있는 경우 F1값이 커지게 되며, 반대로 앞부분에 있으면 F2값이 커지게 된다. 따라서 F1과 F2가 동일한 지점이 무게 중심점이다.

그림 9에서 보면 초기 무게 중심점이 앞부분에 있으므로 F2값이 크게 나온다. 무게 중심을 맞추기 위해 측정된 힘을 기반으로 슬라이드 위치를 바꾸어 줌으로써 11.5초 부근에서 12.8N으로 힘이 같게 됨을 확인할 수 있다.

3. 실험결과

3.1 무게 이동에 따른 무게 중심점 보상 실험

다음 실험은 무게 추를 사인경로로 위치를 변경시키면서 무게 중심값에 변화시켜 주고, 이에 대응하는 몸통의 앞뒤

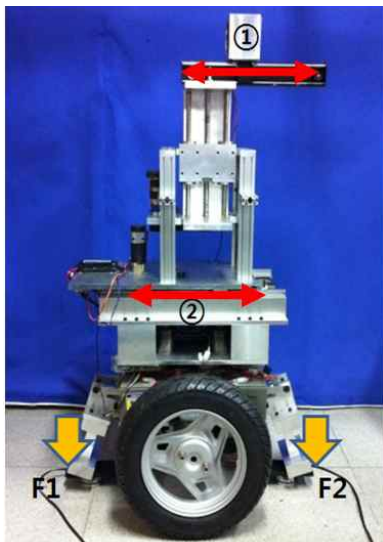


그림 8. 무게 중심점 찾기 실험환경.  
Fig. 8. Experimental setup for finding COG.

슬라이드의 움직임을 통해 무게 중심점을 바퀴 축 상으로 이동시키는 실험을 하였다.

그림 10은 그림 8에서 ①의 위치를 변화해줌에 따라 전체 시스템의 무게 중심점이 변하게 되고, 이에 따른 전후 슬라이드의 위치 변화를 실험한 것이다. 허리의 움직임이 작아 눈으로 보기에는 어려운 점이 있으나 그림 11의 데이터를 살펴보면 움직임을 보상하는 것을 알 수 있다.

무게중심의 위치가 변화에 따라 F1, F2에 작용하는 힘이 그림 11의 실험결과와 같으며, 이에 따라 무게중심을 유지하기 위해 슬라이드 위치가 변화함을 알 수 있다. 무게추가 앞뒤로 움직일 때마다 허리부분의 슬라이드도 따라 움직이는 것을 볼 수 있다. 슬라이드 위치 변화만으로 빠르게 변하는 시스템의 무게 중심점을 완전히 추종할 수는 없지만, 무게 중심점 변화를 감소시키는 영향을 확인할 수 있었다.

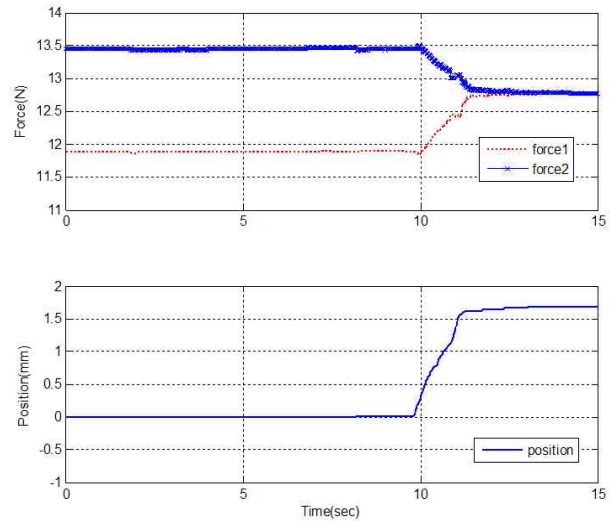


그림 9. 힘센서를 이용한 무게 중심점 구하기.  
Fig. 9. COG using force sensors.

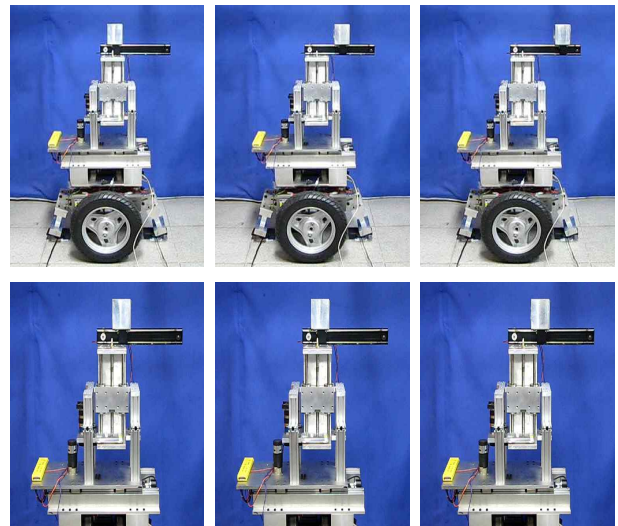


그림 10. 시스템 변화에 따른 무게 중심점 이동 실험.  
Fig. 10. Experiments of COG according to mass changes.

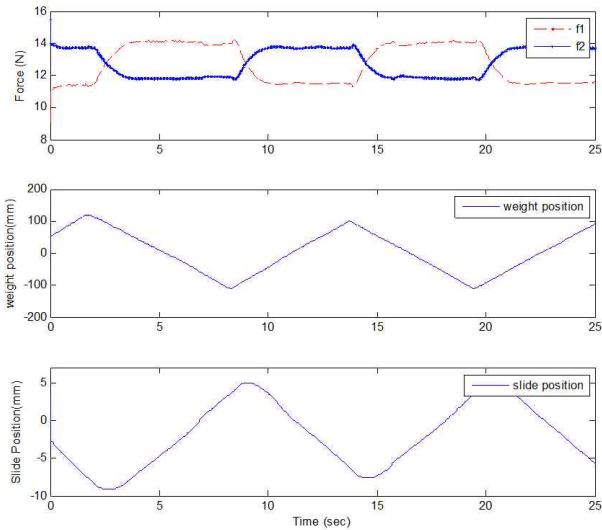


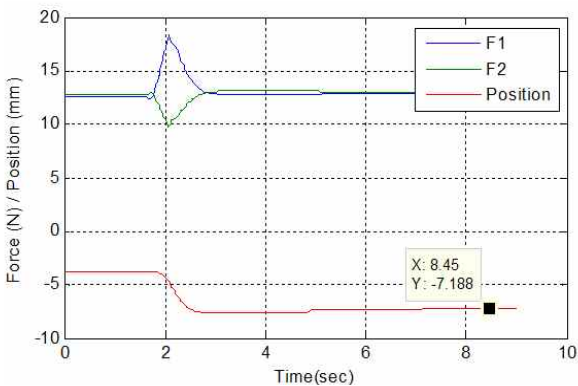
그림 11. 시스템 움직임에 따른 무게 중심점 유지 실험.  
Fig. 11. Maintaining COG according to Body Movements.

3.2 무게 변화에 따른 슬라이드 무게 중심점 위치

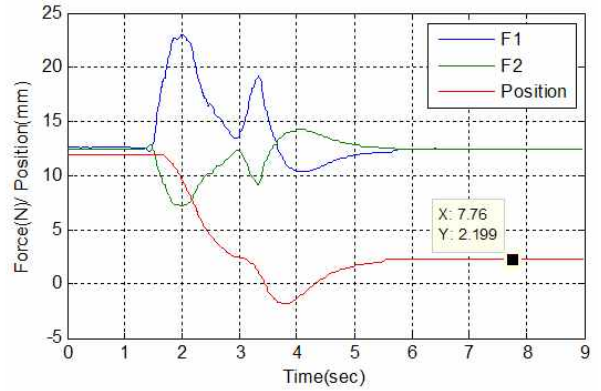
그림 12는 무게추의 값의 변화에 따라 F1=F2의 위치로 슬라이드의 위치가 이동하는 것을 실험한 결과이다. 무게추의 변화에 따라 허리구조가 무게 중심점으로 이동하는데 2-3초 정도의 시간이 소요됨을 확인할 수 있었다. 실험적으로 얻은 데이터를 기반으로 시스템의 변화에 따른 무게 중심점을 구할 수 있다.

그림 12(a)는 로봇이 초기에 균형을 이루었을 때 힘의 값과 허리의 값을 나타낸다. 2초에서 허리가 움직이기 시작하여 2.7초에 균형을 이루고 있다. 앞뒤의 힘센서의 값도 같음을 알 수 있다. 그림 12(b)를 보면 무게 추가 12 cm에 놓일 경우를 나타낸다. 힘센서의 값이 같아지는 점, 즉 5.5초에서 균형을 이루어 허리가 멈춘 것을 볼 수 있다. 그림 12(a)-(d)에서 보면 무게 추가 중심에서 점점 멀어짐에 따라 허리 구조도 무게 추가 균형을 유지하기 위해 달라지는 것을 볼 수 있다. Y축의 값을 보면 추의 위치가 0 cm일 때 -7.188 mm이던 것이 추의 위치가 25 cm로 움직이면 로봇 상체가 11.93 mm로 앞으로 움직인 것을 볼 수 있다.

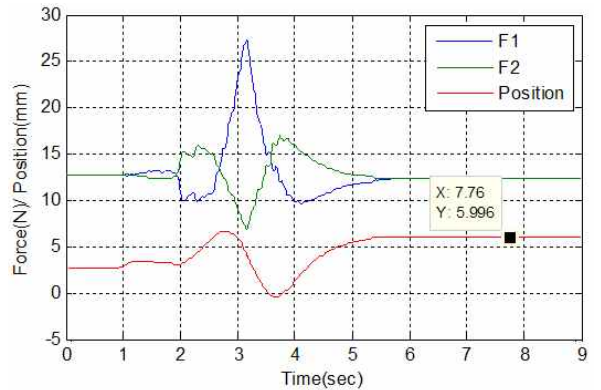
그림 12(e)는 무게 추의 위치와 슬라이딩 구조의 움직임을 보여주는데 선형적으로 나타나는 것을 볼 수 있다.



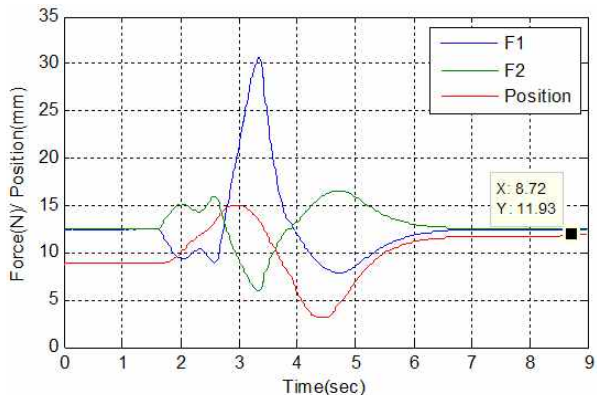
(a) Position of weight 0 cm.



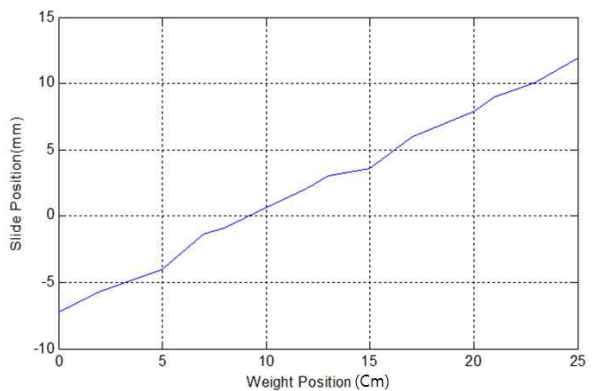
(b) Position of weight : 12 cm.



(c) Position of weight : 17 cm.



(d) Position of weight : 25 cm.



(e) Sliding position with respect to weight position.

그림 12. 무게추에 따른 슬라이드의 변화.

Fig. 12. Position of sliding waist according to different weights.

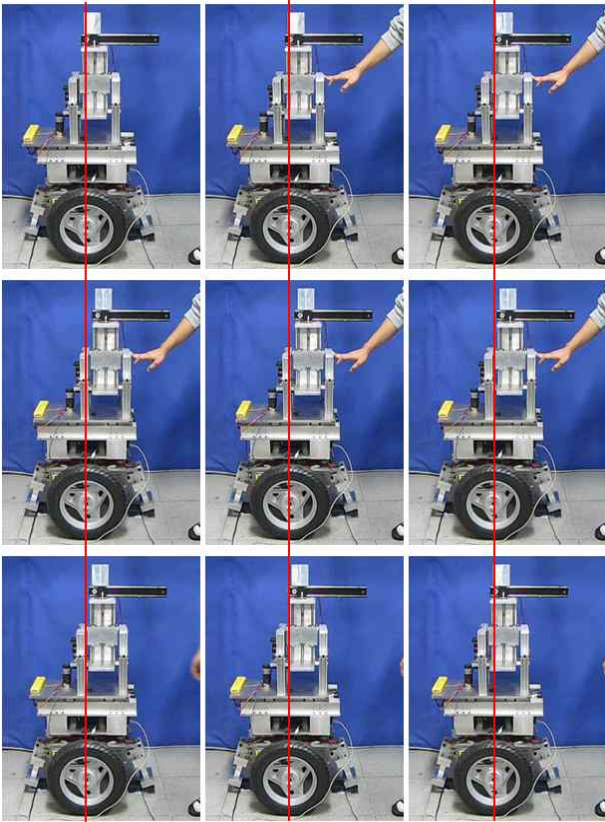


그림 13. 외부힘에 대한 무게중심 이동 실험 결과.  
Fig. 13. Experimental results of relocating COG.

### 3.3 외부 힘에 따른 슬라이드 무게 중심점 위치

그림 12(e)의 무게 추와 슬라이드 위치의 선형적인 관계식을 이용하여 로봇에 작용하는 외부 힘에 따라 슬라이드의 움직임을 유추한 다음 다양한 외부힘에 대한 실험을 수행하였다. 그림 13은 실제 실험 모습을 나타낸다. 손으로 밀어 외부 힘을 생성하고 그 외부 힘에 따라 무게 중심점을 두 바퀴의 축 상에 위치하기 위하여 전후 슬라이드의 위치가 변화되는 것을 확인할 수 있다.

상체를 손으로 밀었을 때 상체가 앞으로 움직인 것을 볼 수 있다. 힘을 주지 않으면 원위치로 돌아가는 것을 확인할 수 있다. 반대로 당길 경우에는 상체가 뒤로 움직이게 된다.

## V. 결론

본 논문에서는 모바일 베이스와 휴머노이드 로봇을 결합한 서비스 이동로봇을 제작하고 균형을 유지하기 위한 방법을 제안하였다. 무게중심 변화에 따라 전후 슬라이드 이동으로 무게 중심점을 두 바퀴의 축 상으로 이동시키는 실험을 하였다. 힘센서를 이용하여 무게 중심점에 대해 분석하고 무게 중심점의 이동에 의한 외부 힘과의 평형점을 찾아 무게 중심점이 두 바퀴의 축 상에 위치하도록 제어하여 균형을 유지하도록 하였다.

선형적 데이터를 이용하면 추후에 힘센서 없이 payload의 무게에 따른 슬라이딩 움직임을 구할 수 있다. 추후 연구로는 로봇 상체에 로봇 팔을 장착하여 팔의 움직임 및 외부 힘과의 작용에 따른 자세 안정화 실험을 진행할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] H. Iwata and S. Sugano, "Design of human symbiotic robot TWENDY-ONE," *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pp. 580-586, 2009.
- [2] R. O. Ambrose, R. T. Savely, S. M. Goza, P. Strawser, M. A. Diffler, I. Spain, and N. Radford, "Mobile manipulation using NASA's robonaut," *IEEE ICRA*, pp. 2104-2109, 2004.
- [3] S. H. Jeong and T. Takayuki, "Wheeled inverted pendulum type assistant robot: design concept and mobile control," *IEEE IROS*, pp. 1932-1937, 2007.
- [4] P. K. Abeygunawardhana and T. Murakami, "Environmental interaction of two wheeled mobile manipulator by using reaction torque observer," *IEEE Workshop on Advanced Motion Control*, pp. 348-353, 2008.
- [5] H. J. Lee and S. Jung, "Control of a mobile inverted pendulum robot system," *Proc. of the International Conference on Control, Automation and Systems*, pp. 217-222, 2008.
- [6] S. S. Kim and S. Jung, "Control experiment of a wheel-driven mobile inverted pendulum using neural network," *IEEE Trans. On Control Systems Technology*, vol. 16, no. 2, pp. 297-303, 2008.
- [7] S. R. Kuindersma, E. Hannigan, D. Ruiken, and R. A. Grupen, "Dexterous mobility with the uBot-5 mobile manipulator," *International Conference on Advanced Robotics*, pp. 1-7, 2009.
- [8] M. Stilman, J. Olson, and W. Gloss, "Golem krang: dynamically stable humanoid robot for mobile manipulation," *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 3304-3309, 2010.
- [9] K. Teeyapan, J. Wang, T. Kunz, and M. Stilman, "Robot limbo: optimized planning and control for dynamically stable robots under vertical obstacles," *IEEE Conference on Robotics and Automations*, pp. 4519-4524, 2010.
- [10] H. U. Ha and J. M. Lee, "A control of mobile inverted pendulum using single accelerometer," *Journal of Institute of Control, Robotics, and Systems (in Korean)*, vol. 16, no. 5, pp. 440-445, 2010.
- [11] H. J. Lee and S. Jung, "Development of two wheeled car-like mobile robot using balancing mechanism: BalBOT VII," *The Journal of Korea Robotics Society*, vol. 4, no. 4, pp. 289-297, 2009.
- [12] S. T. Kim and S. J. Kwon, "SDRE based nonlinear optimal control of a two-wheeled balancing robot," *Journal of Institute of Control, Robotics, and Systems (in Korean)*, vol. 17, no. 10, pp. 1037-1043, 2011.
- [13] J. K. Ahn and S. Jung, "Implementation and control of an extendable and separable mobile robot manipulator for indoor service," *Journal of the Institute of Electronic*

*Engineers of Korea*, vol. 48, SC no. 1, pp. 39-46, 2011.

- [14] H. W. Kim and S. Jung, "Experimental studies of controller design for a car-like balancing robot with a variable mass," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 20, no. 4, pp. 469-475, 2010.
- [15] S. J. Lee and S. Jung, "Design, implementation, and control of a korean home service robot with novel concept," *Proc. of 2010 ICROS Daejeon & Chungchung Regional Conference (in Korean)*, pp. 33-36, 2010.



#### 이 승 준

2006년 충남대학교 메카트로닉스 공학과 졸업. 2011년 충남대학교 메카트로닉스 공학과 석사졸업. 현재 국립재활원 재활연구소 연구원. 관심분야는 지능로봇 시스템, 장애우를 위한 의료로봇 시스템.



#### 정 슬

1988년 미국 웨인 주립대 전기 및 컴퓨터 공학과 졸업. 1991년 미국 캘리포니아대 데이비스 전기 및 컴퓨터 공학과 석사. 동 대학 박사. 1997년~현재 충남대학교 메카트로닉스공학과 교수. 관심분야는 지능제어 및 지능로봇 시스템, 장애우를 위한 보행 및 휠체어 로봇 설계 및 개발, 가정용 서비스 로봇 개발, 로봇 교육.