

# 개인용 탑승시스템 제어를 위한 스마트폰 인터페이스 설계

본 기술 특집호에서는 개인용 탑승시스템(PMS, Personal Mobility System) 혹은 이동로봇을 무선 원격 제어할 때 사용할 수 있는 인터페이스(지자기센서 기반형, 조그셔틀형)들을 소개하고, 사용자 편리성 제어 기반으로 인터페이스 방식을 분석한다. 지자기센서 기반의 절대방향 제어는 자기북극을 기준으로 한 지자기센서의 측정값인 방향각을 이용하여 스마트폰의 방향각에 탑승시스템의 방향각을 같도록 탑승시스템을 제어하는 것이다. 탑승시스템에 서있는 탑승자가 스마트폰을 이용하여 탑승시스템이 원하는 방향으로 이동하기 위하여 제어할 때에는 스마트폰의 화면에 표시되어진 시작 버튼에 손가락을 놓고, 원하는 방향으로 스마트폰을 좌·우로 회전시키면 탑승시스템은 그 방향으로 회전을 하며 주행한다. 터치기반의 조그셔틀 인터페이스를 이용하여 원하는 방향으로 이동하기 위해서는 탑승시스템에 서있는 사용자가 스마트폰의 화면에 표시되어진 조그셔틀 스위치에 손가락을 놓고, 원하는 방향으로 손가락을 움직이면 스마트폰은 블루투스 무선통신을 통하여 탑승시스템을 주행 할 수 있다.

■ 김연균\*, 김동현\*\*  
 (\*경남대학교 첨단공학과, \*\*경남대학교 전기공학과)

## I. 서론

개인용 탑승시스템은 미국에서 제작한 세그웨이[1]가 가장 대표적인 상품이다. 세그웨이는 그림 1과 같이 이륜형 역진자 로봇의 형태로, 사람이 폴(pole)을 기울여 제어한다. 휠 자체의 밸런싱을 제어하기 위하여 5개의 자이로센서와 2개의 기울기 센서를 사용한다. 7개의 센서와 알고리즘의 도움으로 동적 안정도(dynamic stability)를 확보하여 세그웨이는 두 바퀴로 이동할 수 있다. 하지만 단점으로는 이러한 기능이 세그웨이의 단가를 높여 개인용으로 세그웨이를 구입하여 사용하기에는 많은 부담이 있다. 세그웨이의 방향전환을 위해서는 제어기로 기계

적인 폴을 사용한다. 이러한 기계적인 폴은 세그웨이의 플랫폼 크기와 무게를 증가시켜 혼자서 세그웨이를 계단 등에서 옮기 기에는 무리가 있다. 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위하여 기계적인 제어장치인 폴을 없애고 그림 2와 같이 스마트폰을 사용자가 들고 무선 제어할 수 있는 개인용 탑승시스템이 개발 되었다[2][3]. 본 특집호에서는 저자가 제안한 [2][3]을 중심으로 개인용 탑승시스템 제어를 위한 스마트폰 인터페이스 설계에 대한 내용을 소개한다.



그림 1. 세그웨이.

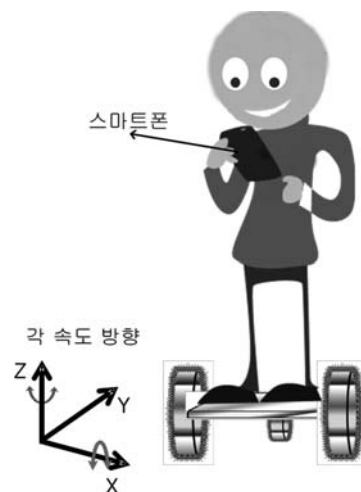


그림 2. 스마트폰 기반의 탑승시스템.

스마트폰의 사용은 탑승시스템 플랫폼의 기계, 전기적인 현재 상태를 모니터링 할 수 있고, 사용자 편의의 인터페이스를 사용하여 탑승시스템을 쉽고 편리하게 제어할 수 있다. 그리고 탑승한 사람의 밸런싱을 유지하기 위하여 탑승시스템에 자이로센서를 사용하여 이동속도를 제어한다. 탑승시스템이 이동 중에 자이로센서로부터 탑승시스템 몸체 두 방향의 각 속도를 측정하여 탑승시스템의 양쪽 모터의 속도를 제어한다. 탑승시스템 몸체의 각 속도를 측정함으로써 탑승시스템은 탑승한 사람의 밸런싱 유지와 탑승자의 명령에 따라 탑승시스템의 양쪽 모터가 구동되고 있는지 알 수 있다.

탑승시스템을 제어하기 위하여 안드로이드 OS기반의 스마트폰을 사용한다. 탑승시스템을 제어하기 위한 스마트폰의 어플리케이션(application)을 개발하기 위해서는 안드로이드 SDK (Software Development Kit), 소프트웨어 툴인 이클립스(eclipse) 그리고 JDK (Java Developer's Kit)가 필요하다[4]. 안드로이드 SDK, 이클립스, JDK를 기본으로 한 개발환경은 그림 3과 같다. 그림 3과 같이 탑승시스템 제어용 안드로이드 어플리케이션 개발은 윈도우(Windows) 혹은 리눅스(Linux)와 같은 운영체제가 설치되어 있는 컴퓨터에 JDK, SDK, 그리고 프로그래밍 통합개발환경인 이클립스가 설치되어 있는 개발환경에서 개발한다. 탑승시스템 제어 안드로이드 어플리케이션은 이클립스에서 프로젝트를 생성한 후, SDK에 포함되어 있는 터치(touch), 블루투스(blue tooth), 그리고 그래픽(graphics)과 같은 탑승시스템 제어와 관련된 API (Application Programming Interface)들을 사용하여 코드를 작성하고 컴파일(compile)한다. 컴파일을 통하여 생성된 실행 파일은 데이터 케이블을 이용하여 스마트폰으로 전송한다. 실행 파일인 탑승시스템 제어용 어플리케이션을 실행하여 스마트폰과 탑승시스템 간의 통신은 블루투스 무선통신을 사용하여 스마트폰에서 탑승시스템에 명령패킷을 주기적으로 전송한다. 안드로이드 SDK, 이클립스, JDK를 이용한 안드로이드 어플리케이션 개발환경 구축은 구글의 안드로이드 개발자 사이트[5]에 자세하게 설명되어 있다.

탑승시스템에서 있는 사용자가 스마트폰으로 시스템을 제어할 때에는 블루투스 무선통신을 통하여 탑승시스템에 제어 명령을 전달한다. 아이폰의 경우 블루투스 통신을 사용하기 위해서는 불법으로 소프트웨어 개조를 해야 하지만 안드로이드 기반 스마트폰에서는 이러한 개조 없이 블루투스 무선통신을 사용할 수 있다. 탑승시스템은 스마트폰으로부터 수신받은 명령 패킷을 분석하여 탑승시스템의 양쪽 모터를 구동시킨다.

[6]-[9]에서는 스마트폰을 사용해 탑승시스템과 유사한 이동

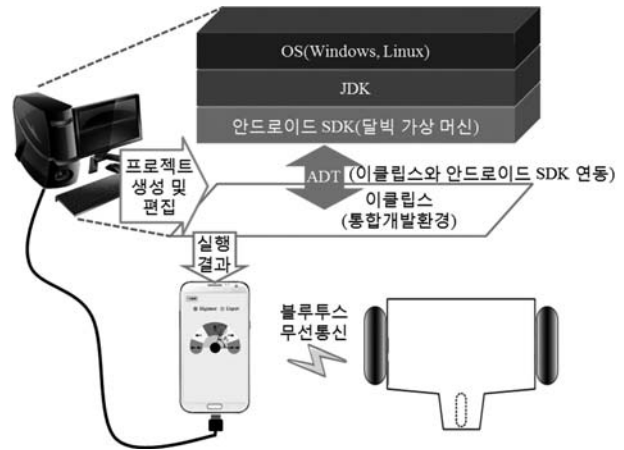


그림 3. 탑승시스템 제어용 안드로이드 어플리케이션.

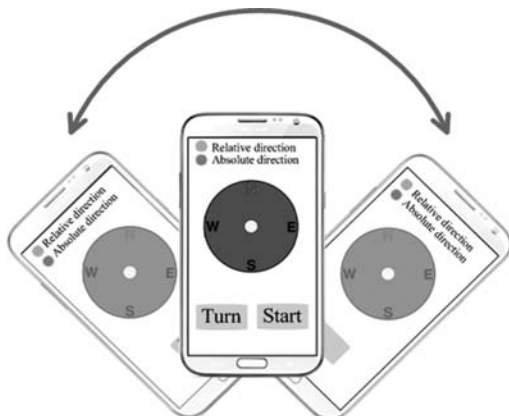
로봇을 원격 제어하는 연구를 하였다. 하지만 아직 다른 IT/H/W 응용 연구들에 비해 활발하게 이루어지고 있지는 않다. 국외의 경우 탑승시스템과 시스템의 플랫폼에 대한 기술은 상당히 앞서 있으나, IT 기술을 이용해 탑승시스템과 시스템을 무선 제어하는 연구는 아직 활발히 진행되어 있지는 않다. 이것은 사람과 기계와의 통신 및 제어에 대한 인터페이스 방식이 안정되어 있지 않은 데서 비롯된다. 본 논문에서는 탑승시스템을 무선 원격 제어할 때 사용할 수 있는 인터페이스(지자기센서 기반형, 조그셔틀형)들을 소개하고, 사용자 편의성 제어 기반으로 인터페이스 방식을 분석하여 탑승시스템에 직접 적용하려고 한다. 결과로서, 탑승시스템에 적용된 사용자 편의의 인터페이스 방법은 그 밖의 전기 에너지 기반의 탑승시스템을 위한 무선제어 기술에도 많은 혜택을 제공할 것이다.

## II. 스마트폰 인터페이스

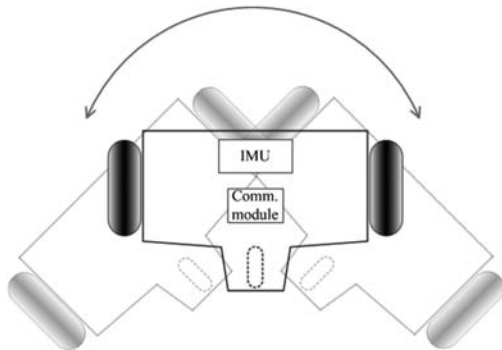
### 1. 지자기센서 기반의 인터페이스 설계

탑승시스템에서 있는 사용자가 스마트폰으로 시스템을 제어할 때에는 지자기센서의 방향정보를 이용하여 탑승시스템에 탑승한 사람의 방향과 탑승시스템의 방향을 일치시키는 방법으로 탑승시스템을 제어한다. 탑승자는 손에 쥐고 있는 스마트폰의 좌·우 방향을 그림 4 (a)와 같이 가고자하는 방향으로 움직이면, 탑승시스템은 그림 4 (b)처럼 스마트폰이 향하는 좌·우 방향으로 움직인다. 이러한 원리를 이용하여 탑승자는 시스템을 원하는 방향으로 이동시킬 수 있다.

지자기센서 기반의 절대방향 제어는 자기북극을 기준으로 한 지자기센서의 측정값인 방향각을 이용하여 스마트폰의 방향각에 탑승시스템의 방향각을 같도록 탑승시스템을 제어하는



(a) 스마트폰



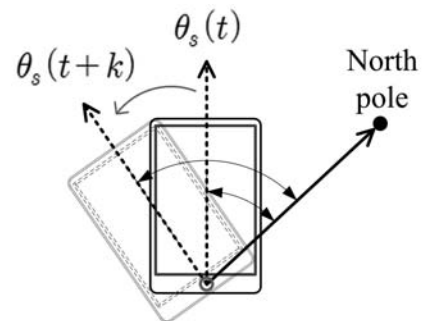
(b) 탑승시스템

그림 4. 지자기센서를 이용한 인터페이스.

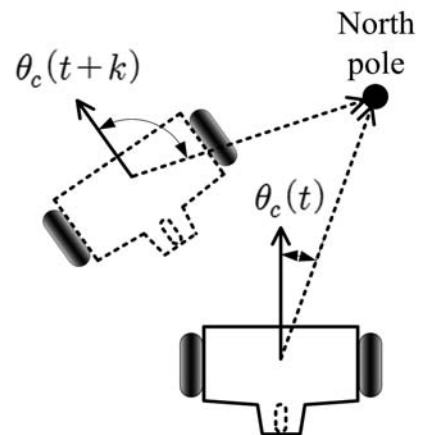
것이다. 탑승시스템에 서 있는 탑승자가 스마트폰을 이용하여 탑승시스템이 원하는 방향으로 이동하기 위하여 제어할 때에는 스마트폰의 화면에 표시되어진 시작 버튼에 손가락을 놓고, 원하는 방향으로 스마트폰을 좌·우로 회전시키면 스마트폰은 그림 5와 같이 스마트폰의 지자기센서로부터 자기 북극을 기준으로 한 절대방향각인  $\theta_s$ 를 측정한다.  $\theta_s$ 는 명령 패킷에 포함되어 100[ms] 간격으로 블루투스 무선통신을 통하여 탑승시스템에 전달한다. 탑승시스템은 스마트폰으로부터 수신한 명령 패킷을 분석하여  $\theta_s$ 를 파싱(parsing)한다. 탑승시스템은 스마트폰으로부터 수신한 절대방향각  $\theta_s$ 와 탑승시스템 자신의 절대방향각  $\theta_c$ 를 일치시키기 위하여 양쪽에 장착되어진 모터를 구동한다.

## 2. 드래그 기반의 조그 셔틀 모드 설계

또 다른 인터페이스로 스마트폰의 화면에 표시되어진 조그 셔틀 스위치에 손가락을 놓고, 원하는 방향대로 손가락을 움직이면 스마트폰은 블루투스 무선통신을 통하여 시스템에 제어 명령을 전달한다. 탑승시스템은 스마트폰으로부터 수신받은



(a) 스마트폰의 방향각



(b) 탑승시스템의 방향각

그림 5. 절대방향 제어에서 방향제어를 위한 방향각.

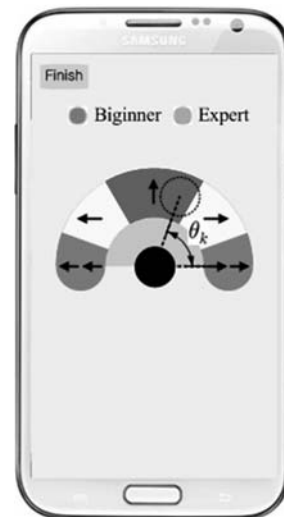


그림 6. 터치센서를 이용한 인터페이스.

명령 패킷을 분석하여 탑승시스템의 양쪽 모터를 구동시킨다. 그림 6은 터치센서 기반의 조그셔틀을 보여준다. 사람의 손가락에 의해 터치된 위치는 검정색으로 채워진 원에서 빈 점선 원으로 이동하게 된다.

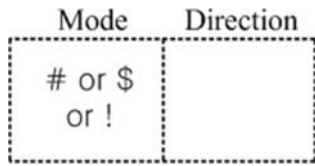


그림 7. 통신패킷.

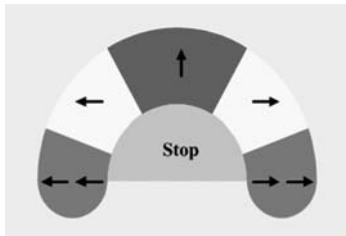


그림 8. 명령영역.

스마트폰은 일정한 시간 간격으로 이동된 터치 위치와 원점 사이의 각도  $\theta_k$ 를 측정하여 다섯 영역으로 나눈다. 다섯 영역은 각각의 영역에 대한 명령이 정해져 있다. 스마트폰은 터치된 영역의 명령을 포함한 통신 패킷을 탑승시스템에 블루투스 무선통신을 통하여 0.1초 간격으로 송신한다.

스마트폰에서 제공하는 조그셔틀 모드의 터치를 통해 원하는 위치로 이동한 후 스마트폰에서 손가락을 떼면 바퀴가 움직이지 않아 다른 사람들이 탑승하여 구동하는 것을 막을 수 있다. 또한, 스마트폰을 제어기로 사용함으로써 얻어지는 플랫폼 공간의 축소화와 경량화의 장점이 있다. 본 연구에서는 스마트폰에서 탑승시스템에 일정한 시간 간격으로 명령을 송신하여 탑승시스템을 제어한다. 탑승시스템을 제어하는 통신패킷은 그림 7과 같이 구성된다. 여기서 사각형 한 개는 1바이트를 의미한다. 첫 번째 바이트는 “#” 또는 “\$” 또는 “!” 문자로 동작모드를 의미한다. “#”은 숙련자모드이고, “\$”는 초보자모드이고, 그리고 “!”는 정지모드이다. 초보자모드와 숙련자모드는 탑승시스템의 이동속도가 다르다. 나머지 1 바이트는 터치 각도인  $\theta_k$ 를 이용하여 다섯 영역으로 나누어진 명령을 의미한다.

그림 8은  $\theta_k$ 에 의해 나누어진 명령영역을 나타낸다. 통신패킷의 명령부분은 탑승자가 스마트폰의 스크린위에 터치한 위치와 원점사이의 각도인  $\theta_k$ 를 측정하여 0( $\rightarrow$ )에서 4까지 1 바이트의 정수로 나타낸다. 첫 번째 영역의 명령인 0( $\rightarrow$ )은  $0^\circ \sim 20^\circ$  사이의 범위이고, 탑승시스템을 우측으로 급하게 회전하며 전진시키는 명령이다. 탑승시스템이 0( $\rightarrow$ )명령을 처음 수신하였을 때 정지상태이면 탑승시스템은 제자리에서 우측방향으로 회전한다. 두 번째 영역의 명령인 1( $\rightarrow$ )은  $21^\circ \sim 60^\circ$  사이의 범위이고, 탑승시스템을 우측으로 전진시키는 명령이다. 세 번째 영역의 명령인 2( $\uparrow$ )는  $61^\circ \sim 120^\circ$  사이의 범위이고, 탑승시스

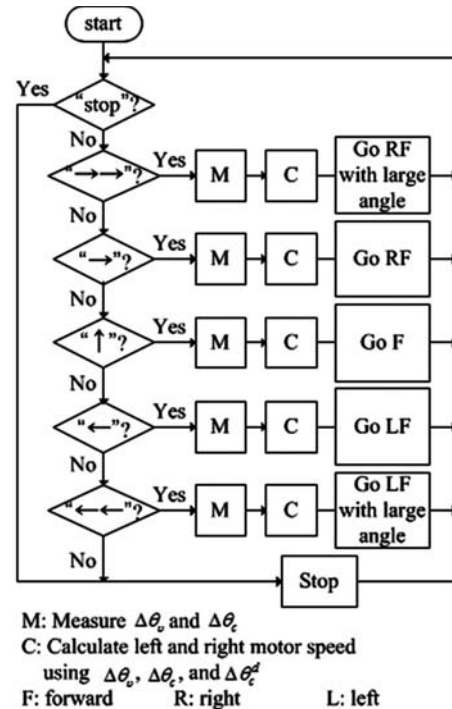


그림 9. 탑승시스템의 알고리즘.

템을 전진시키는 명령이다. 네 번째 영역의 명령인 3( $\leftarrow$ )은  $121^\circ \sim 160^\circ$  사이의 범위이고, 탑승시스템을 좌측으로 전진시키는 명령이다. 다섯 번째 영역의 명령인 4( $\leftarrow$ )은  $161^\circ \sim 180^\circ$  사이의 범위이고, 탑승시스템을 좌측으로 급하게 회전하며 전진시키는 명령이다. 탑승시스템이 4( $\leftarrow$ )명령을 처음 수신하였을 때 정지상태이면 탑승시스템은 제자리에서 좌측방향으로 회전한다.

사용자가 스마트폰 화면에서 다섯 가지의 방향제어 영역이 아닌 정지(Stop)영역을 손가락으로 터치하면 스마트폰은 탑승시스템에 강제정지명령인 “!”을 송신한다. 강제정지명령을 수신한 탑승시스템은 모터에 전압이 입력되어, 즉 토크가 인가되어 정지하게 된다. 그리고 사용자가 탑승시스템에 탑승하여 스마트폰 조작시 스마트폰을 떨어뜨리는 경우도 있을 수 있다. 즉 사용자가 스마트폰의 화면에서 손가락이 떼어진 경우에는 스마트폰이 탑승시스템에 정지명령인 “!”를 송신한다. 정지명령을 수신한 탑승시스템은 모터에 전압을 인가하지 않아 자동적으로 정지하게 된다.

### 3. 모드화면과 사용자 선택을 위한 여러 모드의 통합 인터페이스 설계

본 연구에서 제작된 탑승시스템은 그림 9와 같은 알고리즘으로 구동된다. 탑승자가 터치기반의 조그셔틀 인터페이스를 이용하여 원하는 방향으로 탑승시스템에 명령을 블루투스 무선



(a) 측면



(b) 윗면

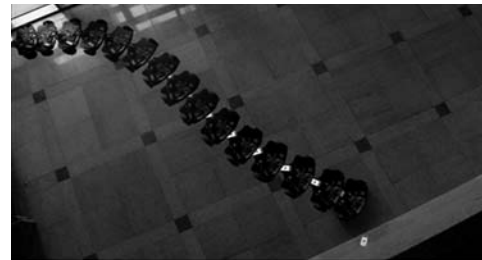
그림 10. 각도변화 장치.

통신을 통하여 송신한다. 탑승시스템은 탑승자의 스마트폰에서 송신된 명령패킷을 파싱하여 그림 9의 알고리즘과 같은 과정에 따라 동작한다.

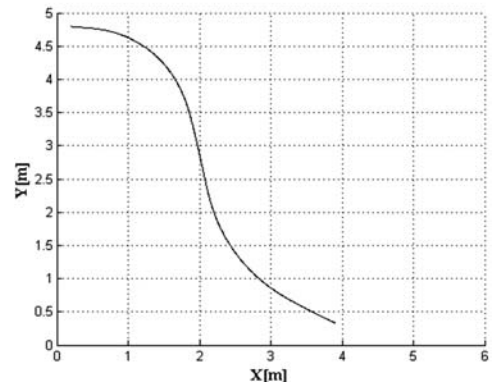
탑승자가 정지명령이 아닌 “→→”, “→”, “↑”, “←”, 그리고 “←←” 명령을 송신하면, 탑승시스템은 탑승시스템에 장착된 IMU를 통하여  $\Delta\theta_x$ 와  $\Delta\theta_y$ 를 측정한다. 측정된  $\Delta\theta_x$ 는 탑승시스템의 이동속도를 정하고,  $\Delta\theta_y$ 는 원하는 각속도와 비교하여 왼쪽과 오른쪽 모터의 속도차이를 주어서 원하는 방향으로 이동하게 된다. 그리고 탑승시스템이 탑승자의 명령을 수신하여 좌·우측의 모터를 구동할 때, 탑승자의 균형유지를 위하여 좌·우측의 모터속도는 여덟 단계로 나누어서 증가하고, 정지할 때에도 여덟 단계로 나누어서 정지한다.

### III. 실험

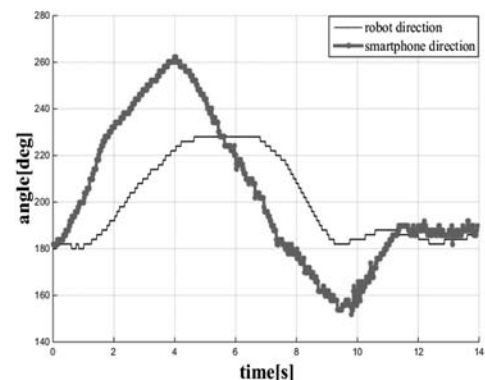
각도 변화장치에 의한 탑승시스템 제어는 그림 10과 같이 탑승시스템에 탑승시스템이 바라보는 방향을 기준으로 좌측과 우측으로 30° 범위 안에서 스마트폰의 방향을 변화시켜서 탑승시스템을 이동시킨다. 실험에서 제안된 각도 변화장치는 로보티즈사[10]의 RX-10 서보모터와 CM-700 제어기로 구성되어 있



(a) 실험 스냅샷



(b) 엔코더 정보에 의한 이동궤적



(c) 스마트폰과 탑승시스템의 방향각

그림 11. 각도변화 장치에 의한 절대방향 제어결과.

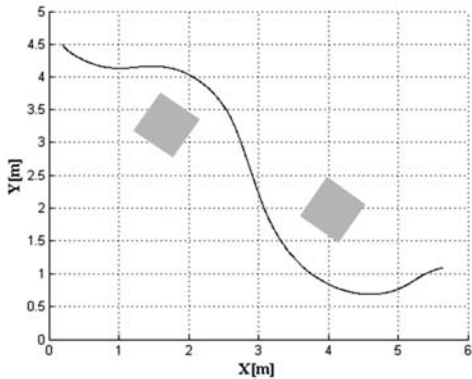
고, 그림 10과 같이 탑승시스템과 스마트폰 거치대에 연결되어 있다. 스마트폰은 블루투스 무선통신을 통하여 탑승시스템과 통신하며, 스마트폰의 회전 각도가 탑승시스템에 무선으로 전달되어 탑승시스템을 움직인다.

각도 변화장치에 의한 스마트폰의 방향각은 그림 10의 탑승시스템이 바라보는 방향 ①에서 26.6°/sec의 회전속도로 좌측 ②로 30°를 회전하여 2초 동안 방향각을 유지한 후, 26.6°/sec의 회전속도로 우측 ③으로 60°회전한 후 2초 동안 방향각을 유지한다. 그리고, 각도 변화장치는 26.6°/sec의 회전속도로 탑승시스템의 바라보는 방향 ①로 30°회전한 후 정지한다.

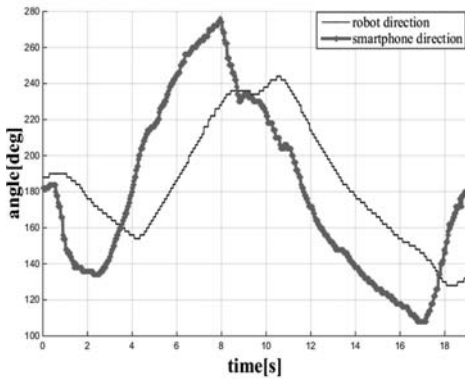
그림 11 (a)와 (b)는 각도 변화장치를 탑승시스템에 장착하여 절대방향 제어 방법에 대하여 실험한 탑승시스템의 이동궤적



(a) 실험 스냅샷



(b) 엔코더 정보에 의한 이동궤적



(c) 스마트폰과 탑승시스템의 방향각

그림 12. 탑승자에 의한 절대방향 제어결과.

이다. 그림 11 (c)는 그림 11 (a)와 같이 사인 형태의 궤적으로 움직일 때 실험에서 획득한 탑승시스템과 스마트폰에 장착된 지자기센서의 방향각에 대하여 보여준다. 탑승시스템과 스마트폰은 시작할 때 같은 방향을 향하도록 설정하였다. 하지만, 그림 11 (c)에서 탑승시스템과 스마트폰의 지자기센서로부터 획득한 시작 부분의 각도는  $8^\circ$  차이가 있는 것을 알 수 있다. 절대방향 제어방법에서 탑승시스템과 스마트폰의 방향각 차이는 탑승시스템을 제어할 때 오작동을 발생시킬 수 있다. 본 연구에서는 이러한 오작동을 발생하지 않게 하기 위하여 스마트폰의 방향각이 탑승시스템의 방향각과 좌·우측으로  $5^\circ$  차이 이내는 직진명령으로 인식하게 하였다. 실험의 결과로서, 본 논문에서 제안한 절대방향 제어방법은 이러한 각도 차이에 의한 오작



(a) 초보자 모드



(b) 숙련자 모드

그림 13. 조그서틀 인터페이스를 이용한 탑승시스템의 S자형 이동궤적.

동을 방지할 수 있었다.

탑승자에 의한 탑승시스템 제어는 그림 12 (a)와 같이 탑승자가 탑승시스템에 탑승하여 원하는 방향으로 스마트폰을 향하게 하여 탑승시스템이 원하는 방향으로 이동시킨다. 탑승자에 의한 탑승시스템 제어실험은 각도 변화장치에 의한 실험과 같은 환경에서 절대방향 제어방법으로 진행하였다. 그림 12 (b)는 절대방향 제어방법을 이용하여 탑승자가 탑승시스템에 탑승하여 탑승시스템을 그림 12 (a)처럼 두 개의 장애물을 회피하며 이동한 탑승시스템의 이동궤적이다. 그림 12 (b)는 탑승시스템과 스마트폰 간의 방향각 오차가 있음에도 불구하고, 절대방향 제어방법을 이용하여 탑승시스템을 원하는 방향으로 이동시킬 수 있음을 보여준다. 그림 12 (c)는 탑승시스템과 스마트폰의 방향각을 보여준다.

그림 13은 스마트폰의 조그서틀 인터페이스를 이용한 탑승자 명령에 의해 탑승시스템의 이동을 보여준다. 그림 13은 비숙련자(beginner), 숙련자(expert) 모드로 각각 실험한 탑승시스템의 이동궤적을 보여준다. 그림 13에서는 S자형 궤적 실험을 위해 5 [m] 거리에 장애물 두 개를 설치하였고, 동일 셔터 시간을 가지고 촬영되었다. 그림 11, 12, 13의 실험은 스마트폰을 이용한 탑승시스템이 편리하고 효과적으로 제어되고 있음을 보여준다.

#### IV. 결론

본 기술 특집호에서는 개인용 탑승시스템을 무선 원격 제어하기 위하여 사용자 편의의 두 가지 인터페이스(지자기센서 기반형, 조그셔틀형)를 소개하였다. 지자기센서를 사용한 탑승시스템 제어는 탑승자가 원하는 방향으로 스마트폰을 향하게 하면 탑승시스템은 탑승자가 원하는 방향으로 이동한다. 스마트폰의 지자기센서를 이용한 탑승시스템의 무선제어는 지자기센서를 사용함으로써 버튼 조작에 의한 제어보다 더 직관적으로 탑승시스템을 제어하므로 사용자에게 매우 편리한 인터페이스를 제공할 수 있다. 탑승자가 터치기반의 조그셔틀 인터페이스를 이용하여 원하는 방향으로 탑승시스템을 제어할 때에는 스마트폰의 화면에 표시되어진 조그셔틀 스위치에 손가락을 놓고, 원하는 방향대로 손가락을 움직이면 스마트폰은 블루투스 무선통신을 통하여 시스템에 제어명령을 전달하였다. 두 가지 인터페이스 모두 사용자가 편의에 맞게 선택할 수 있어 스마트폰이 제공하는 품질 좋은 센서들의 혜택을 이용할 수 있다. 이러한 스마트폰 기반의 인터페이스를 이용한 탑승시스템은 공장이나 공항과 같은 넓은 지역에서 개인이 신속하게 이동해야 하는 경우에 사용할 수 있었다. 그 밖에 탑승형 시스템에 적용된 사용자 편의의 인터페이스 방법은 전기 에너지 기반의 탑승시스템을 위한 무선제어 기술에도 많은 혜택을 제공할 것이다.

#### 참고문헌

[1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Segway\\_PT](http://en.wikipedia.org/wiki/Segway_PT)  
 [2] 김연균, 김동현, "안드로이드 스마트폰 제어기반의 개인용 탑승로봇 구현," 제어로봇시스템학회 논문지, 제 19권, 제7호, pp. 592-598, Jul. 2013  
 [3] 김연균, 김동현, "지자기 센서와 무선통신을 이용한 PMS의 스마트폰 인터페이스 구현," 한국지능시스템학회 논문지, 제 25권, 제1호, pp.48-56, Feb. 2015.

[4] Y. S. Chang, K. Kim, and N. H. Sung, *Step by Step Android Application Development (in Korean)*, INFINITYBOOKS, 2011.  
 [5] <http://developer.android.com/training/index.html>  
 [6] J. Hahmin, K. Yeongyun, and K. Dong Hun, "Communication Quality Analysis for Remote Control of a Differential Drive Robot Based on iPhone Interface," *Communication in Computer and Information Science(Indexed by SCOPUS)*, vol. 206, pp. 278-285, Sep. 2011.  
 [7] 정효영, 이충섭, 서용호, 양태규, "스마트폰을 이용한 이동로봇의 터치기반 주행궤적 생성 및 데이터 획득," 정보통신설비학회, 제 10권, 제3호, pp. 98-102, Sep. 2011.  
 [8] 박종진, 최규석, 천창희, 박인규, 강정진, "스마트 폰을 이용한 모바일 로봇의 리모트 주행제어 시스템," 한국인터넷방송통신학회, 제 11권, 제6호, pp. 207-214, Dec. 2011.  
 [9] 전영훈, 안현식, "스마트폰 기반의 이동로봇 제어용 인터페이스," 대한전자공학회 하계학술대회, 제 33권, 제1호, pp. 1951-1953, 2010.  
 [10] <http://www.robotis.com/>

#### 저 자 약 력



##### 김 연 균

- 2009년 경남대학교 전기전자공학부 졸업.
- 2012년 동 대학원 첨단공학과 석사.
- 2012년~현재 동 대학원 첨단공학과 박사 과정.
- 관심분야: 지능제어, 스웜로보틱스, 이동로봇 경로계획, 신호처리.



##### 김 동 현

- 1995년 한양대학교 전기송학과 졸업.
- 1997년, 2001년 동 대학원 석사, 박사.
- 2001년~2003년 미국 듀크 대학교 연구원.
- 2003년~2004년 미국 보스턴 대학교 연구원.
- 2004년~2005년 일본 동경대학교 박사 후 과정.
- 2012년~2013년 영국 에식스대학교 방문교수.
- 2005년~현재 경남대학교 전기공학과 교수.
- 관심분야: 다개체 로봇, 이동로봇 경로계획, 지능 로봇 제어.