

## IMU센서를 이용한 보드로봇의 무선제어 연구

### Study on Wireless Control of a Board Robot Using an IMU sensor

류재명\* · 김동현\*\*†

Jaemyung Ryu and Dong Hun Kim †

\*경남대학교 첨단공학과, \*\*경남대학교 전기공학과

\*Dept. of Advanced Engineering, \*\*† Dept. of Electrical Engineering, Kyungnam University

#### 요 약

본 논문은 IMU센서를 이용하여 보드로봇을 무선으로 제어하는 연구에 관해 다룬다. 사용된 보드로봇은 일종의 탑승형 로봇으로 탑승자는 옆으로 서서 앞을 보며 제어한다. 탑승자는 제안된 무선제어기를 팔의 상박에 착용하고, 무선제어기의 각도에 따라서 방향전환을 할 수 있다. 무선제어를 위해 블루투스(Bluetooth)가 사용되며, 사용자의 행동에 따른 다섯 종류의 명령('1'우회전, '2'중립, '3'좌회전, '4'운전, '5'정지)을 IMU 센서로 측정하여 기울기에 대한 디지털 값을 보드로봇의 제어기로 전송한다. 보드로봇에서 수신된 값은 정해진 명령을 기반으로 모터를 제어한다. 결과적으로, 제안된 IMU 센서 기반의 사용자 인터페이스는 실제의 보드를 조정하듯이 보드로봇을 쉽고 편리하게 제어할 수 있다.

**키워드** : IMU 센서, 블루투스, 보드로봇, 사용자 인터페이스

#### Abstract

This study presents the remote control of a board robot using an IMU sensor based on Bluetooth communication. The board robot is a kind of riding robot controlled through wireless communication by a user. The user wears the proposed IMU sensor controller, and changes a direction of the robot by the angles of IMU sensor. Bluetooth is used for wireless communication between the board robot and its user. The IMU sensor in the remote controller is used for recognition of a number of actions, which are measured as analog signals. The user actions have five commands ('1'right '2'neutrality '3'left '4'operation '5'stop), which are transmitted from the user to the board robot through Bluetooth communication. Experimental results show that proposed IMU interface can effectively control the board robot.

**Key Words** : IMU Sensor, Bluetooth, Board Robot, User Interface

### 1. 서론

전기에너지를 사용하여 개인이 쉽고 빠르게 이동하기 위한 개인용 탑승 시스템들이 점점 많이 등장하고 있다. 개인용 탑승 시스템 중 센서와 마이크로프로세서를 사용하는 세그웨이(segway) 같은 탑승형 로봇의 등장은 공항, 기차역, 도시와 같은 특정 장소에서 유익한 목적으로 사용되고 있다[1]. 조작의 편리성을 추구한 이동식 탑승형 로봇부터 몸이 불편한 사람들에게 필요한 휠체어 로봇, 이동 중심을 목적으로 만들어진 로봇 등 현대 사회에서 탑승형 로봇은 점점 확산되고

있으며 또한 여러 분야로 연구되어지고 있다[2]-[6].

탑승형 로봇을 제어하기 위한 방식으로는 유선제어와 무선제어로 나눌 수 있다. 유선제어 방식은 무선통신 기술이 발달하기 전에 많이 사용되던 방식이다. 제어 대상과 제어기가 전선으로 연결되어 제어명령을 전달하는 방식이지만 연결된 전선으로 인하여 불편한 문제점이 많이 발생되기도 한다. 현재는 무선통신의 기술 발달과 편리함으로 인해 무선통신을 많이 사용하고 있으며, 대표적인 예로 보편화된 와이파이가(WiFi), 블루투스(Bluetooth), 지그비(Zigbee)등이 있다. 최근에는 휴대폰에 무선통신 장치가 대부분 되어 있기 때문에 편리하게 앱(App.)을 개발하여 휴대폰을 제어기로 쓰는 경우도 많다[7]-[10].

탑승형 로봇을 조이스틱이나 터치패드를 이용한 단순 입력으로 제어를 하는 방식도 있지만, 압력센서, 광센서, 가스센서, IMU(Inertia Measurement Unit)센서등 여러 가지 센서를 입력으로 사용하는 방식도 많이 연구되고 있다[11]. IMU센서는 가속도, 지자기, 회전각도에 대한 데이터를 확인 할 수 있으며, 이를 활용하여 위치추정, 자세추정, 자세보정 등 다양하게 사용되고 있다[12]-[14]. IMU센서는 사람의 몸에 부착시킴으로써, 행동으로 입력을 다양하게 나타낼 수 있다. [15]의 연구에서는 IMU

접수일자: 2013년 9월 1일

심사(수정)일자: 2013년 10월 12일

게재확정일자: 2013년 11월 6일

† Corresponding author

감사의 글 : 본 연구는 2014학년도 경남대학교 학술연구 장려금 지원으로 이루어졌음.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

센서를 헬멧에 부착시켜 사용자의 얼굴 각도와 움직임에 대한 속도 및 가속도 값을 얻어내고, 이 값들 중 요우(yaw), 피치(pitch), 롤(roll) 데이터를 통해 승마 시뮬레이션의 방향을 정하도록 하였다.

본 연구에서는 IMU센서를 이용해 보드로봇을 효과적으로 제어하는 내용을 다룬다. 제안된 IMU제어모듈은 팔의 상박에 부착시켜 실제 팔의 움직임을 제어명령으로 사용한다. [15]에서는 IMU센서를 사용하여 대상의 움직임 분석용으로 사용하였다. 본 연구는 IMU센서를 분석용으로 사용하는 것이 아니라, 대상을 직접 제어하기 위해 사용한다. 제안된 연구처럼 IMU를 팔에 부착하여 무선 제어기로 사용하는 방법은 외국의 인터넷 사이트에서 응용사례[16]를 찾을 수 있지만 이러한 기술은 아직 많이 연구되지 않아 실용화 되지 않았다.

[17]에서 저자는 Cds 센서로 구성된 장갑제어기를 제안하여 보드로봇을 제어하는데 사용하였다. 무선으로 보드로봇을 제어하는데 커다란 문제는 없었지만 손가락을 이용한다는 점에서 보드로봇의 진행방향과 제어방향이 일치하지 않아 인터페이스가 사용자에게 편리하지 않았다. 따라서, 본 연구는 [17]의 확장 연구로서, 사용자와 보드로봇의 진행방향이 일치되게 제어하기 위하여 Cds 센서가 아닌 팔 상박에 IMU센서를 사용한다. 제안된 보드로봇의 제어 방식은 사용자가 실제의 스케이트보드를 조정할 때의 제어방식을 그대로 모방하는 것이어서 사용자가 보드로봇을 제어할 때 편리하고 직관적인 제어 인터페이스를 제공해 준다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 보드로봇의 H/W 구성과 사양을 다룬다. 3장에서는 제안된 IMU제어모듈과 보드로봇 사이의 송·수신 데이터 패킷을 정의하며 IMU센서 입력에 따른 보드로봇의 제어 명령에 대해 제안한다. 4장에서는 제안된 IMU제어모듈을 통하여 보드로봇을 실제 제어하는 실험을 보여준다. 마지막으로, 5장에서는 실험에 대한 연구의 결론을 제시한다.

## 2. 제안된 보드로봇의 H/W

본 연구에서는 탑승로봇을 무선제어하기 위하여 행동에 의한 제어방식으로 접근 하였으며, 블루투스 무선통신과 IMU센서를 이용하여 만든 제어모듈을 신체에 탈부착 가능하도록 하여 보드로봇을 제어하도록 구현한다. 그림 1은 Bluetooth통신을 통하여 사용자의 행동을 보드로봇의 제어기에 전달하는 방법을 나타낸다. 그림 1에서 IMU센서와 송신기를 사용자 팔의 상박에 부착하고 팔을 움직이면 IMU센서의 롤(roll), 피치(pitch), 요우(yaw) 값이 변화되고, 변화된 값을 이용하여 전송할 데이터를 만들고, 이것을 보드로봇의 수신기로 전송한다. 수신된 데이터는 보드로봇에서 모터를 제어하는데 사용된다.

그림 2의 IMU센서는 가속도3축(x,y,z), 지자기3축(x,y,z), 회전각도3축(roll±180°, pitch±90°, yaw±180°)의 데이터 측정이 가능하고, 제조사에서 제공하는 설정방법에 따라 사용자는 모드를 변경 시킨 후 필요한 데이터만 사용할 수 있다. 본 연구에서는 그림 2의 IMU센서에서 오일러 각(EulerAngle)모드를 사용하여 롤(roll), 피치(pitch), 요우(yaw) 데이터와 블루투스 모듈 및 마이크로프로세서

로 구성된 원격(remote) 제어모듈을 구현한다.

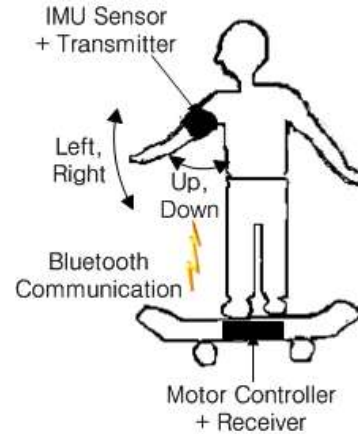


그림 1. 보드로봇의 무선제어 방법.  
Fig. 1. Wireless control of the board robot.

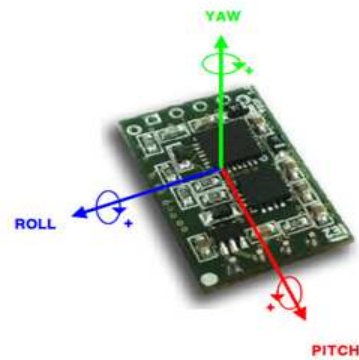
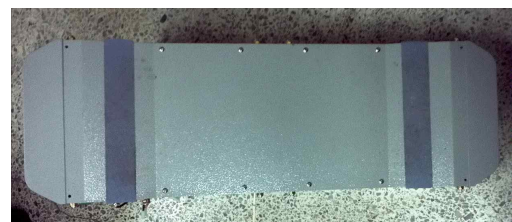


그림 2. IMU센서  
Fig. 2. IMU sensor

그림 3(a)(b)은 각각 위와 옆에서 본 보드로봇의 외관이고, 그림 3(c)은 제어하는 보드로봇의 H/W 구성도를 보여준다. 보드로봇의 초기상태는 릴레이 전원이 오프(off) 상태이다. 제어모듈에 의해 무선통신으로 보드로봇을 온(on)시키면, 릴레이가 온(on)이 되어 제어명령 대기상태가 된다. 비상시 또한 제어모듈에 의해 릴레이 오프(off) 제어명령을 전송한다.

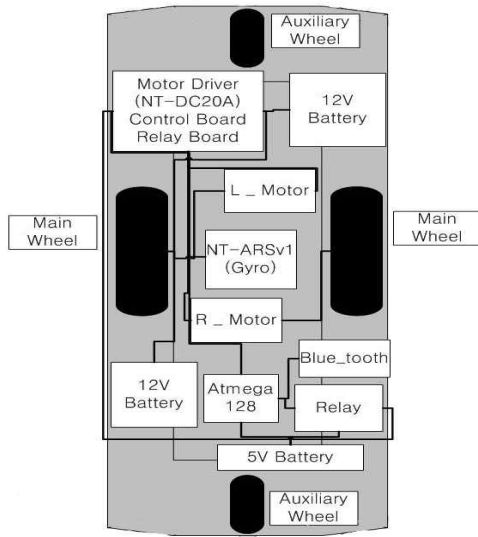
보드로봇의 전진 및 후진은 보드로봇에 장착된 기울기 센서에 의해 무게중심이 앞으로 가해질 경우 전진, 뒤로 가해질 경우 후진으로 동작한다. 정지, 좌회전과 우회전은 제안된 제어모듈에 의해서 동작된다. 제어명령은 3장에서 다룬다.



(a) Top view



(b) Side view



(c) Hardware of the board robot

그림 3. 보드로봇  
Fig. 3. Board robot

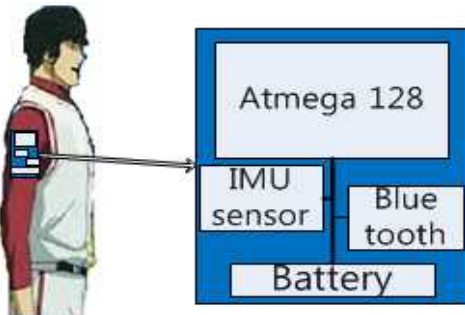


그림 4. 팔의 상박에 장착된 제어모듈 H/W 구성도  
Fig. 4. H/W configuration of a control module

### 3. 제안된 제어 모듈을 이용한 인터페이스

#### 3.1 제어 모듈을 이용한 행동 정의

그림 4는 제안된 제어 모듈의 H/W 구성도를 보여준다. IMU센서 기반의 제어모듈을 밴드 형태로 제작하여 팔의 상박에 장착한 후 무선통신으로 보드로봇의 방향과 동작을 제어한다. IMU제어모듈의 전원을 인가한 상태에서 팔의 상박을 들어 피치(pitch)가 20° 이내로 들어오면 보드로봇의 전원이 켜지고, 팔의 상박을 내리면 보드로봇은 정지한다. 팔의 상박을 올린 상태에서 팔을

시계 방향으로 25° 이상 회전하게 되면, 요우(yaw)의 기준각이 설정되고, 설정된 기준각보다 20° 이상 좌로 방향을 틀면 보드로봇에 좌회전 명령이 전달되어 보드로봇은 좌회전 하게 된다. 우회전도 같은 방법을 따른다. 20° 요우각과 25° 피치각 설정은 실제 스케이트보드를 옆으로 서서 제어할 때의 방법을 가장 유사하게 묘사하도록 실험에서 얻은 값이다. 제어 모듈을 이용한 행동패턴은 모두 다섯 가지로 표 1과 같이 동작(operation), 정지(stop), 기준각 설정(reference angle), 좌회전(left), 우회전(right)으로 구성된다. 모든 제어명령은 블루투스 무선통신에 의해 전송된다.


제어명령 1번을 사용하면 보드로봇이 운전(operation)상태가 된다. 운전 상태에서는 보드로봇 릴레이에 전원이 들어오고, 무선통신 대기 상태가 된다. 대기 상태에 있는 경우에만 2, 4, 5번의 명령이 적용되고, 기준각 설정을 위하여 제어명령 3번은 매 스텝마다 체크하게 된다. 제어명령 4번은 좌회전, 5번은 우회전 명령을 전송한다. 제어명령 2번은 비상시에 보드로봇의 전원을 차단하기 위하여 사용된다.

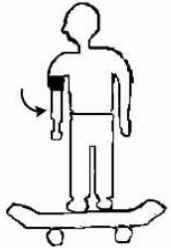

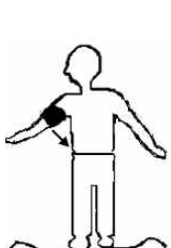
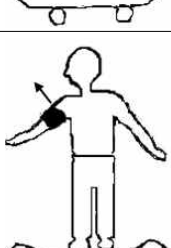
#### 3.2 IMU를 통한 통신 인터페이스

본 연구에서는 제안된 IMU제어모듈로 보드로봇을 무선 제어한다. IMU제어모듈에서 전송되는 명령데이터는 다음과 같이 정의 된다. 블루투스에 의한 1:1 통신 연결 후 보드로봇은 운전, 정지, 좌회전, 우회전명령을 통해 제어된다. 그림 5는 IMU 센서에서 얻어내는 데이터 정보를 보여준다. 그림 5.(a)에서 '\*'는 데이터의 시작을 알린다. 그 후에 설정된 모드에 따라서 원하는 데이터가 출력이 되는데, 본 연구에서 설정된 모드는 오일러각(EulerAngle)모드로, 데이터의 출력순서가 롤(roll), 피치(pitch), 요우(yaw)이다. sp의 ','는 데이터를 구분하기 위한 쉼표이다. 세 가지 데이터를 모두 수신하면 하면 처음 '\*'로 돌아가 다시 데이터를 받게 된다. 데이터들을 받는 샘플링 타임은 10ms이다. 롤(roll), 피치(pitch), 요우(yaw)는 그림 5.(b)에서 처럼 각 변수에 저장되고, 이 변수들은 작성된 프로그램에 의해서 새로운 변수로 저장된다. 저장된 값은 그림 6.(a)의 과정을 거쳐 8bit로 저장되어 블루투스에 의해 송신된다. 수신부에서는 그림 6.(b)의 과정을 거쳐 데이터를 분석한 후 보드로봇을 제어한다.

표 1. 보드로봇 제어를 위한 행동 정의

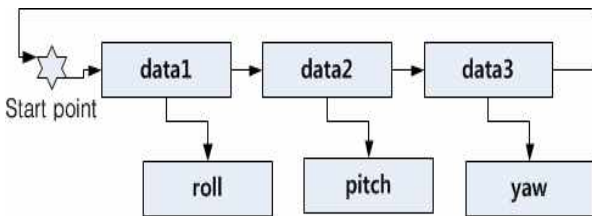
Table 1. Actions for control of the board robot

Num	Control commands	Action	
		Method	Photo
1	Operation (Relay on)	Hands up	

2	Stop (Relay off)	Hands down	
3	Reference angle set	Hands clock-wise	
4	Left	Hands left	
5	Right	Hands right	

SOL	DATA 1	sp	...	sp	DATA n	EOL
*	ascii data	,	...	,	Ascii data n	CR LF

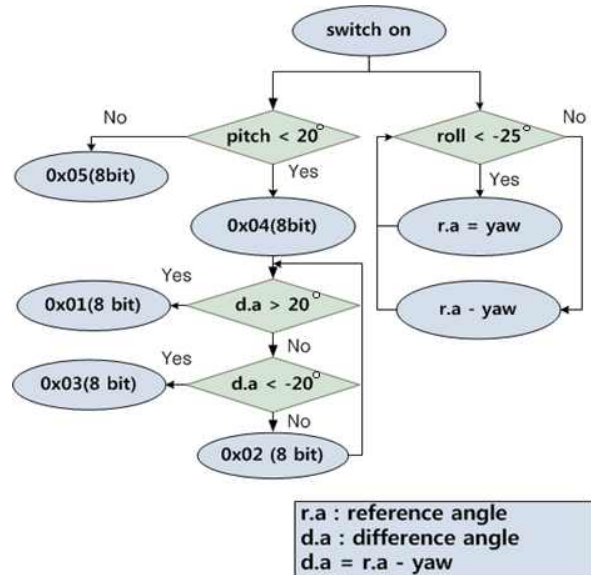
(a) Data packets from a IMU sensor



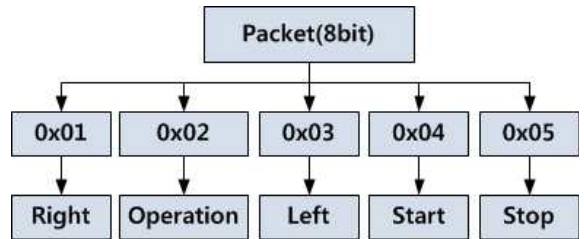
(b) Data extraction

그림 5. IMU에서의 데이터 추출

Fig. 5. Data extraction from a IMU sensor



(a) Data packets transferred from IMU



(b) Data packets analysed on the board robot

그림 6. 보드로봇 제어를 위한 데이터 처리  
Fig. 6. Data process for control of the board robot

### 3.3 IMU센서 값에 따른 보드로봇의 제어

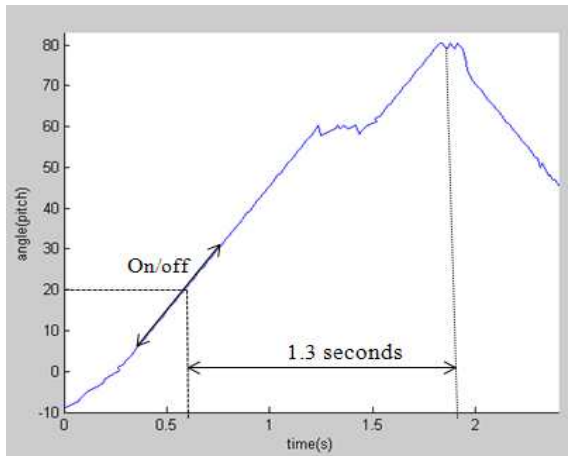
보드로봇을 제어하기 위하여 IMU제어모듈의 롤(roll), 피치(pitch), 요우(yaw)값을 사용한다. 팔을 들었다 내렸다 하는 경우에는 피치(pitch)값이 변경된다. 팔을 내렸을 경우  $90^\circ$  이고, 팔을 들었을 경우 몸과 직각이 되면  $0^\circ$  가 된다. 본 연구에서는 팔을 올리게 되면 보드로봇의 전원을 켜는 패킷을 전송하게 된다. 팔을 들어 보드로봇의 전원이 켜진 상태에서 좌측 혹은 우측으로 팔을 움직일 경우 요우(yaw)의 값이 변경된다. 요우(yaw)값을 효과적으로 사용하기 위해서, 롤(roll)의 값으로 요우(yaw)의 기준 각을 설정하도록 하였다. IMU제어모듈을 오른팔에 착용했을 경우 탑승자 기준에서 팔을 시계방향으로 회전을 하게 되면 롤(roll)값 바뀌고, 롤(roll)값이  $25^\circ$  이상 회전할 경우 그 상태의 요우(yaw)값이 기준 각으로 설정된다. 팔을 좌측으로 기준각의 중심에서  $20^\circ$  이상 움직일 경우 좌회전을 하고, 팔을 우측으로  $20^\circ$  이상 움직일 경우 우회전을 한다. 비상시에 팔을 내리면 전원을 끄는 패킷을 전송되고 보드로봇은 정지하게 된다.

### 4. 실험

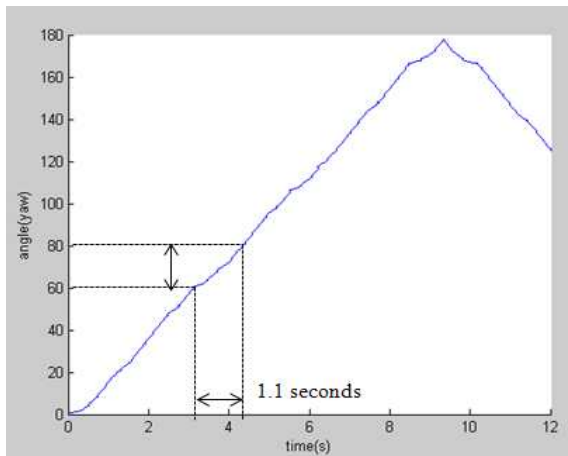
본장은 제안된 IMU 센서를 이용한 인터페이스 기반으로 로봇을 원격 제어하기 위하여 실제 데이터 값을 측정된 후 로봇의 원격제어에 적용하는 실험 내용을 보여준다.

#### 4.1 IMU센서에서 측정되는 데이터 값

IMU 제어모듈에 전원을 키면 설정모드에 따라 원하는 데이터가 수신된다. 본 실험에서는 오일러 각(EulerAngle)모드로 설정을 하였기 때문에, 롤(roll), 피치(pitch), 요우(yaw)에 관한 값을 받는다. 3가지의 값들 중 롤(roll)의 값은 요우(yaw)의 기준 각을 정하는 스위칭 역할을 하고, 피치(pitch)는 보드로봇의 전원을 스위칭 하는 역할을 하고, 요우(yaw)는 보드로봇의 방향 전환을 제어한다. 그림 7.(a)는 시간에 따른 피치(pitch)의 값을 나타내고, 피치(pitch) 값이 20° 보다 작아지는데 약 1.3초의 시간이 소요되는 것을 보여준다. 그림 7.(b)는 시간에 따른 요우(yaw)의 값을 나타내고, 방향을 제어하는 상대적인 각도 20°의 차이가 약 1.1초 소요됨을 보여준다.



(a) Pitch values over time

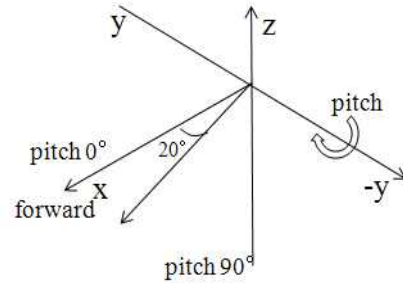


(b) Yaw values over time

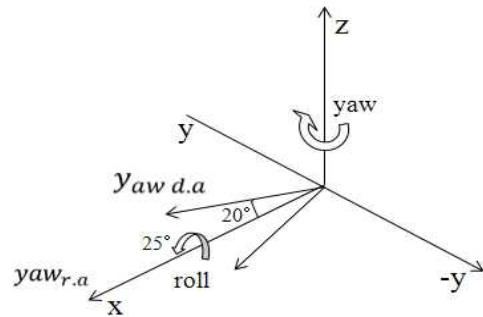
그림 7. 시간에 따른 피치와 요우 값  
Fig. 7. Pitch and yaw values over time

#### 4.2 IMU제어모듈에 의한 보드로봇 제어실험

그림 8은 실제로 사용되는 오일러 각(EulerAngle)을 나타내었다. 그림 8.(a)은 전원이 켜지기 위한 피치(pitch)값의 범위를 나타내고, 그림 8.(b)은 기준각을 정하기 위한 롤(roll)값과 방향을 정하기 위한 요우(yaw)값에 대한 그림을 보여준다.



(a) Pitch value used in the IMU sensor



(b) Roll and yaw values used in the IMU sensor

그림 8. IMU센서에서 사용된 오일러각

Fig. 8. EulerAngle used in the IMU sensor

그림 9는 그림 8의 값으로 실제 보드로봇을 제어한 주행실험을 나타낸 사진이다. 세 개의 장애물 박스를 1m 간격으로 세워두었을 때, 사용자가 장애물들을 회피하면서 주행하는 사진이다. 실험의 결과로 비좁은 장애물이 있는 환경에서도 안정적인 궤적을 그리며 주행 가능함을 보여주었다. 직선주행과 장애물 회피에 대한 실험결과 동영상들이 [18]에 제공되었다.



그림 9. 실내에서 장애물 회피에 대한 보드로봇 주행 실험

Fig. 9. Driving test of obstacle avoidance indoors

## 5. 결론

본 논문에서는 블루투스 통신을 기반으로 보드로봇을 무선 제어하기 위하여 IMU제어모듈을 기반으로 하는 인터페이스가 제안되었다. 제안된 방법에서는 탑승자의 다섯 가지 행동에 따라 달라지는 오일러각(EulerAngle)을 측정하여 송신 알고리즘에 의해 탑승형 로봇으로 명령을 송신하며, 탑승형 로봇은 수신 받은 명령을 실행하여 방향전환 및 주행을 효과적으로 할 수 있었다. 연구의 결과로 제안된 무선 인터페이스 방식은 간편하고, 탑승형 로봇을 쉽게 조종할 수 있음을 보여주었다. 추후 연구는 제안된 인터페이스가 탑승형 로봇 이외에 다른 시스템에서도 다양하게 활용될 수 있도록 진행하는 것이다.

## References

- [1] <http://www.segwaymall.kr>
- [2] <http://www.ntrex.co.kr>
- [3] Kang Jae Myoung, Kang Sung In, Kim Jung Hoon, Ryu Hong Suk, Lee Sang Bae, "Design & fulfillment of multi-functional electric wheelchair", *Proceedings of IEEK Summer Conference*, vol. 25, no. 1, pp. 261-264, 2002.
- [4] H. S. Shim, D. W. Kim, S. S. Park, S. C. Lee, "Development of Rider Robot using Omni Wheel Drive", *Proceeding of RESKO Technical Conference*, pp. 171-174, 2011.
- [5] Dong Jin Seo, Sewoong Jung, Young-Ouk Kim, "A Motion Control of a Horse Riding Robot for Health Care", *Proceeding of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 5, no. 1, pp. 77-80, 2011.
- [6] Sun-Wook Kim, Hahmin Jung, Hong-Pil Kim, Se-Han Lee, Dong Hun Kim, "Variable Wheel Position Mechanism with Full Mobility for a Car-Like Robot", *Proceeding of the Korean Institute of Electrical Engineers*, pp. 2252-2253, 2009.
- [7] Hahmin Jung, Sang-Yong Rhee, Seung Gook Hwang, Dong Hun Kim, "Unit Control of an Autonomous Mobile Robot Using a Smartphone", *Proceeding of KIIS Spring Conference*, vol. 23, no. 1, pp. 217-218, 2013.
- [8] Hahmin Jung, Ki-Su Shin, Soon-Jae Kwon, Se Han Lee, and Dong Hun Kim, "iPhone Interface for Robot Control Based on WiFi Ad-hoc", *Proceeding of IEEK Summer Conference 2012*, vol. 35, no. 1, pp. 1640-1643, 2012.
- [9] Hahmin Jung, Dong Hun Kim, "Control of a Mobile Robot Based on a Tangible Interface using iPhone", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 21, no. 3, pp. 335-340, 2011.
- [10] Young-Hoon Jeon, Hyunsik Ahn, "Smart-Phone Based Interface for Mobile Robot Control," *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, vol. 33, no. 1, pp. 1951-1953, 2010.
- [11] Young-Suk Choi, Kyung-Jae Kim, Woo-Heon Hong, Jeong-Tak Ryu, "Development of Blood Pressure Measuring System using piezoelectric and photo sensor", *Journal of the Korea Industrial Information Systems Research*, vol. 14, no. 5, pp. 149-154, 2009.
- [12] Jiyong Kim, Jihong Lee, Jaemin Byun, Sunghun Kim, "Localization Performance Improvement for Mobile Robot using Multiple Sensors in Slope Road", *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, vol. 47, no. 1, pp. 67-75, 2010.
- [13] Kyung-Hwan Kim, Gye-Do Park, Jae-Han Jo, Jang-Myung Lee, "The outside of mobile robot using Encoder and IMU sensor for location estimation", *Journal of Institute of Control Robotics and Systems*, vol. 12, no. 1, pp. 9-12, 2011.
- [14] Gon-Woo Kim, Young-Youp Cha, "Efficient Localization of Mobile Robots based on GPS/IMU Sensors in Outdoor Terrain", *Proc. of ICROS and KROS conference 2009*, vol. 10, no. 1, pp. 126-129, 2009.
- [15] SuungChul Kim, Youngho Chai "Control of image for horse-riding simulation system using MEMS IMU, pressure and tension sensor input", *Proceeding of Institute of Korean HCI*, pp. 227-229, 2012.
- [16] <http://tvpot.daum.net/v/v9a09PZLrZWWZLLgL3dXWfX>
- [17] Jaemyung Ryu, Dong Hun Kim, "Study on Wireless Control of a Board Robot Using a Sensing Glove", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 23, no. 4, pp. 341-347, 2013.
- [18] <http://cafe.naver.com/isarku> PROJECTS>Video Clips  
(Study on Wireless Control of a Board Robot Using an IMU sensor\_1)  
(Study on Wireless Control of a Board Robot Using an IMU sensor\_2)

## 저 자 소 개

### 류재명(Jaemyung Ryu)

2013년 : 경남대학교 전기공학과 졸업  
2013년~현재 : 동 대학원 첨단공학과 석사 과정



관심분야 : 스웽 시스템, 지능제어&로봇, 디지털 신호처리, 영상처리

Phone : +82-10-4546-3524

E-mail : jjang3397@naver.com



**김동현(Dong Hun Kim)**

2001년 : 한양대학교 전기공학과(공학 박사)

2001년~2003년 : 미국 듀크 대학교 연구원

2003년~2004년 : 미국 보스턴 대학교 연구원

2004년~2005년 : 일본 동경대학교 박사후과정

2012년~2013년 : 영국 에식스대학교 방문교수

2005년~현재 : 경남대학교 전기공학과 교수

관심분야 : 스웩 시스템, 이동로봇 경로계획, 지능 로봇 제어, 비선형 적응제어

Phone : +82-55-249-2629

E-mail : dhkim@kyungnam.ac.kr

Home Page : [cafe.naver.com/isarku](http://cafe.naver.com/isarku)