

자이로 센서를 이용한 유모차 자동 브레이크 시스템

민백규* · 박건우* · 박정배* · 김현아* · 고윤석**

Automatic Brake System For Stroller Using Gyro Sensor

Baek-Gyu Min* · Kun-Woo Park* · Jung-Bae Park* · Hyun-A Kim* · Yun-Seok Ko**

요약

본 논문에서는 유모차 안전사고를 줄이기 위하여 유모차 자동 브레이크 시스템을 설계, 제작하였다. 아두이노를 기반으로 초음파센서를 이용하여 운전자 손의 핸들 접촉 유무를 판단하고, 자이로 센서로 유모차의 현재 기울어진 정도를 검출하도록 설계하였다. 다음 유모차 운전자의 손이 인식되지 않고 기울기가 특정각도를 넘어가면 서보모터가 작동하여 유압식 브레이크를 작동시켜 내리막길에서의 사고를 방지하도록 설계, 제작하였다. 끝으로 현재 상태표시 및 브레이크 원격제어가 가능하도록 스마트폰 기반의 어플리케이션을 개발하였다.

ABSTRACT

In this paper, the automatic control system of the stroller brake was designed and manufactured to reduce the safety accident of the stroller. The ultrasonic sensors are used to determine whether the handle of the driver's hand is touching or not, and the gyro sensor is designed to detect the current tilt of the baby carriage. If the next driver's hand is not recognized and the tilt exceeds a certain angle, the servo motor is activated and the hydraulic brake is operated to prevent the accident on the downhill road. Finally, in this paper, a smart phone-based application was developed to make the remote control of the brake possible.

키워드

Arduino, Ultrasonic Sensor, Gyro Sensor, Servo Motor, Bluetooth
아두이노, 초음파 센서, 자이로 센서, 서보 모터, 블루투스

1. 서론

안전사고는 사람의 목숨뿐만 아니라 재산상의 심각한 손실을 가져올 수 있기 때문에 국가적으로 안전사고를 줄이기 위한 노력들이 이루어지고 있다[1-7]. 특히, 최근 출산율의 저하로 자녀 문제가 중요한 관심사항이 되고 있는 상황 하에서, 유모차 안전사고는 사회

적으로 큰 문제가 되고 있다. 따라서 유모차를 구매할 때, 다른 무엇보다도 자녀의 안전을 확보할 수 있는 유모차가 가장 우선적으로 고려될 것이다.

참고문헌 [1]의 조사결과를 보면, “사고내용은 타박상과 좌상, 부종이 81건(36.4%)으로 가장 많고, 베인상처와 열상 71건(32.0%), 뇌진탕 21건(9.4%) 등의 순이었다. 사고원인의 절대다수는 추락이나 넘어짐, 미

* 남서울대학교 전자공학과 (als31qorb@naver.com, mpark1023@gmail.com, qkrwjdo93@naver.com, kimha893@naver.com)

** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

• 접수일 : 2017. 06. 16
• 수정완료일 : 2017. 07. 13
• 게재확정일 : 2017. 08. 01

• Received : Jun 16, 2017, Revised : July 13, 2017, Accepted : Aug 01, 2017

• Corresponding Author : Yun-Seok Ko

Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,
Email : ysko@nsu.ac.kr

끄러짐(189건)이었고, 유모차에 눌리거나 끼어 발생한 사고(27건), 충돌, 충격(10건) 등의 순이었다.” 그림 1은 유모차 안전사고 사례를 보인다.

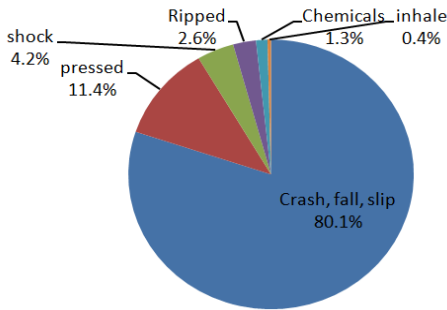


그림 1. 유모차 안전사고 사례
Fig. 1 Stroller safety case

사고가 일어나는 이유를 분석해보면, 경사진 도로에서 브레이크를 걸어놓지 않은 부주의가 가장 큰 원인이 되고 있다. 따라서 이들 위험으로부터 유모차의 안전성을 확보하기 위해서는 경사 시 미끄럼을 인식하고 스스로 위험성을 판단하여 자동으로 제동을 가할 수 있는 자동 브레이크 시스템이 도입될 필요가 있다. 또한 보다 높은 안전도를 확보하기 위해서는 기울기 및 온도 등 유모차의 현재 상태 및 원격 제어가 가능한 스마트 폰 연동 브레이크 제어 기능이 개발될 필요가 있다.

따라서 본 논문에서 경사진 도로에서 부주의로 인한 미끄러짐 사고를 방지하기 위해 자이로 센서를 이용한 유모차 자동 브레이크 시스템을 제안한다. 먼저 기울어진 도로에서 유모차 손잡이에 운전자의 손을 감지할 수 있도록 초음파 센서를 연결하고 손이 센서에서 떨어지면 서보모터를 이용하여 유모차 바퀴에 브레이크를 작동시킴으로서 미끄러짐 사고를 방지하는 시스템을 개발하여 아이들의 안전사고를 감소시키는 것을 연구 목적으로 한다.

II. 시스템 설계

2.1 시스템 구성

아두이노를 기반으로 하여 유모차 손잡이 부분에

달린 초음파센서를 통해 운전자의 손이 감지되지 않은 경우, 자이로 센서의 기울기 값을 측정하여 기울기가 목표 값 이상이면 서보모터가 작동하여 브레이크를 동작시킨다. 기울기가 목표 값 이상인 경우에도 운전자의 손이 인식되면 브레이크를 풀어주어 유모차가 이동할 수 있도록 한다. 이 동작들을 스마트폰과 아두이노 블루투스를 연동하여 원격으로 작동할 수 있도록 설계한다.

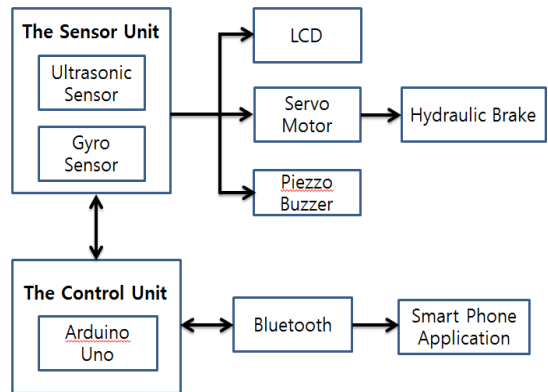


그림 2. 시스템 블록선도
Fig. 2 System block diagram

2.1.1 주 제어 장치

본 논문에서는 수동으로 브레이크를 제어하는 기존의 유모차와는 달리 유모차에 디스크 로터를 부착하고 유압식 브레이크를 유모차 중심부에 연결하여 서보모터를 이용하여 브레이크가 동작하도록 설계한다. 이를 실현하기 위한 주 제어장치로는 아두이노 우노가 채택되었다. 아두이노 우노는 Atmega 328을 기반으로 하며 센서를 결합할 수 있는 6개의 아날로그 입력, 조명의 세기 등을 조절할 수 있는 14개의 디지털 I/O 핀, USB 연결포트, 리셋버튼 등을 가지고 있어 간단하지만 다양한 환경 감지 및 제어기능을 갖추고 있다.(knowledge encyclopedia, Arduino)

주제어장치는 아두이노를 바탕으로 센서들을 연동하여 유모차 중심에 부착한 자이로센서와 손잡이에 부착한 초음파센서를 통해 기울기 값과 유모차와 운전자사이의 거리를 측정하여 경사진 도로에서 운전자가 유모차를 잡고 있지 않을 경우 서보모터를 통해 브레이크를 자동으로 제어한다. 또한 LCD를 통해 운

전자에게 현재 온도와 기울기 값을 나타내주며, 블루투스를 이용하여 스마트 폰과 유모차를 연동하는 기능을 가진다.

2.1.2 거리 측정 센서

본 논문에서는 운전자의 손과 핸들과의 거리를 측정하기 위한 센서로 초음파 센서가 선택된다. 거리측정을 위한 초음파 센서는 송신부와 수신부로 나뉘어져 있으며, 송신부에서 일정한 시간의 간격을 둔 짧은, 초음파 펄스를 방사하고, 대상물에 부딪혀 돌아온 에코 신호를 수신부에서 받아, 이에 대한 시간차를 기반으로 거리를 산출한다. 이를 통해 장애물의 유무, 물체의 거리 또는 속도 등을 측정할 수 있다. 따라서, $t = 2 * 0.01 / 340 = 58.824\mu s$ 로, 초음파가 1cm를 이동하는데 걸리는 시간은 약 $29\mu s$ 가 걸리며, 초음파가 반사된 물체와의 거리는 식 (1)과 같이 구할 수 있다¹⁾. 식 (1)에서 L은 거리 (cm), T_B 는 왕복소요시간 (μs)이다.

$$L = T_B / 29 / 2 \quad (1)$$

2.1.3 기울기 측정 센서

가속도 센서는 가만히 있을 때 센서에 작용하는 중력가속도를 X, Y, Z 축으로 벡터 3개로 나누어 크기를 측정해 준다. 진동과 외력(이동)에 측정값이 왜곡될 수 있지만 시간이 지나도 오차에 강한 특징을 가진다. 자세가 변하더라도 원래 자세로 돌아오면 이전에 출력한 값과 똑같은 값이 나온다.

자이로 센서는 센서의 회전이 발생하면 XYZ 축의 각속도 변화량을 측정해준다. 그런데 각속도이기 때문에 각도(위치)를 구하려면 적분을 해줘야 하는데, 적분을 하는 과정에서 센서의 노이즈도 같이 적분되기 때문에 누적오차가 커지게 된다. 결론적으로 자이로 센서는 실제 움직임과 비슷한 값(정확한 값)을 출력하지만 누적오차가 발생한다.

그래서 이 두 센서의 장점만 모아 값을 보정해줘야 한다.(가속도 센서의 오차, 자이로 센서의 정확도) 이 역할을 하는 것이 칼만필터이다. 칼만필터란 잠깐까지

포함된 입력 데이터를 재귀적으로 처리하는 필터로서, 현재 상태에 대한 최적의 통계적 예측을 진행할 수 있다. 각 추정 계산은 두 단계로 이루어지며, 한 단계는 예측(prediction)단계라고 부른다. 그 다음, 앞서 계산된 예측 상태와 실제로 측정된 상태를 토대로 정확한 상태를 계산하는 두 번째 단계는 보정(update)단계라고 부른다. 그림 3은 MPU-6050의 동작구조를 보인다²⁾.

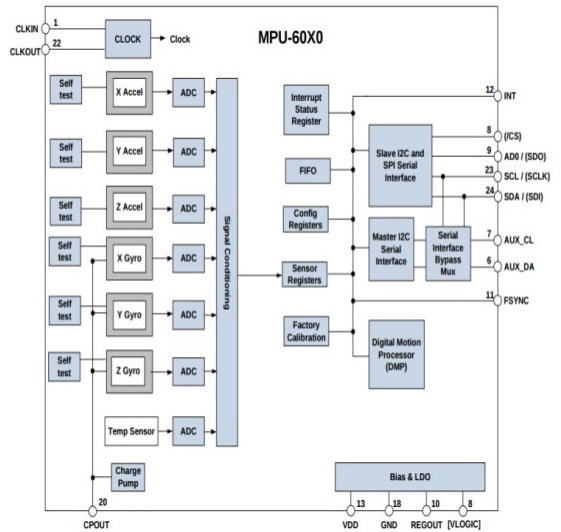


그림 3. MPU-6050 동작 구조
Fig. 3 MPU-6050 operating structure

2.1.4 브레이크 구동 장치

서보모터는 모터와 기어박스 그리고 제어회로로 구성되어있어, 특정 위치로 이동하거나, 특정한 수치(속도 등)만큼 가동시킬 때, 모터로부터의 피드백을 통해 정확하게 제어할 수 있는 구조를 갖추고 있는 모터로 자동화 생산 시스템, 로봇, 장난감, 가전제품 등 광범위하게 쓰이고 있다.

서보 모터는 일반 모터와 달리 회전 반경이 정해져 있다. 종류에 따라 다르지만 일반적으로 약 0~270도 범위의 회전각을 가진다. 서보모터에는 3개의 단자가 있으며, 은색(또는 갈색), 붉은색, 황색(또는 주황색,

1) www.kocoafab.cc
2) www.hardcopyworld.com

흰색)이며 붉은색 선은 +전원, 검은색 선은 -전원에 연결되어 서보모터에 전기를 공급하는 역할을 하며, 노란색 선은 서보모터의 동작을 제어하는 신호선이다. 서보모터의 회전 각도는 PWM (펄스폭변조) 방식으로 제어한다³⁾.

2.2 제어 알고리즘

그림 4에 보인바와 같이 초음파 센서의 측정 값이 10cm 이하이고, 자이로 센서로 측정된 기울기 값이 5° 이상일 경우 부저로 경고음을 발생하며, 서보모터를 작동하여 유압식 브레이크를 통해 유모차를 정지하도록 설계한다.

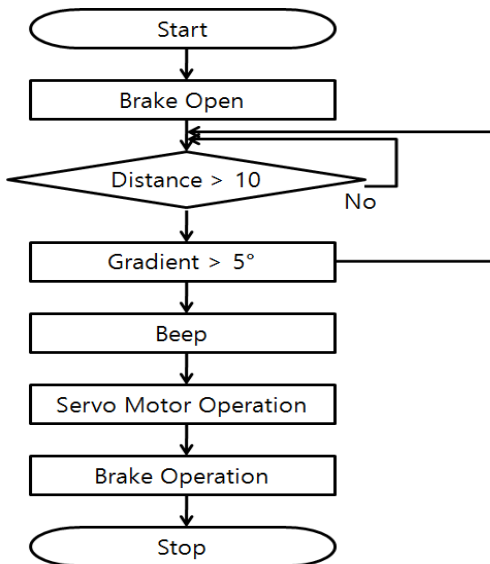


그림 4. 소프트웨어 동작 알고리즘
Fig. 4 Software operation algorithm

2.3 통신 및 제어

블루투스 무선 시스템은 ISM(Industrial Scientific and Medical) 주파수 대역인 2400~2483.5MHz를 사용한다. 이 중 위아래 주파수를 쓰는 다른 시스템들의 간섭을 막기 위해 2400MHz 이후 2MHz, 2483.5MHz 이전 3.5MHz까지의 범위를 제외한 2402

~2480MHz, 총 79개 채널을 쓴다[8-10]. ISM이란 산업, 과학, 의료용으로 할당된 주파수 대역으로, 전파사용에 대해 허가를 받을 필요가 없어 저 전력의 전파를 발산하는 개인 무선기기에 많이 쓰인다. 아마추어 무선, 무선랜, 블루투스가 이 ISM 대역을 사용한다⁴⁾. 본 논문에서는 유모차와 스마트폰을 연동시킬 수 있도록 하였다. 스마트폰에 유모차의 현재 상태를 실시간으로 확인 할 수 있도록 하였으며, 버튼을 통해 유모차 브레이크를 원격으로 제어 가능하도록 한다.

2.4 앱 인벤터를 이용한 블루투스 통신

앱 인벤터를 이용하여 폼을 구성하였고 블루투스 연결 버튼을 통해 주소를 읽어들이 아두이노와 연동하도록 하였다. 다음 라벨을 통해 기울기와 온도 값을 확인 할 수 있게 했으며, ON·OFF 버튼을 통해 서보모터를 작동하여 유모차 브레이크를 제어할 수 있도록 설계하였다.

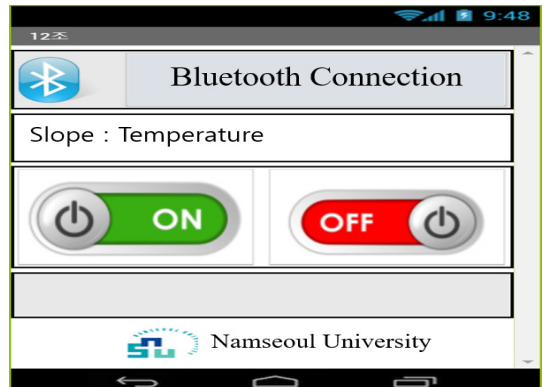


그림 5. 앱 인벤터를 통한 폼 개발
Fig. 5 Form development using App. inventor

III. 실험 및 고찰

본 논문에서는 경사진 도로에서 부주위로 인한 미끄러짐 사고를 방지하기 위해 자이로 센서를 이용한 유모차 자동 브레이크 시스템을 설계, 제작하였다. 따

3) www.kocoafab.cc
4) http:// tip.daum.net

라서 개발된 자동 브레이크 시스템의 유효성을 확인하기 위해 먼저, 초음파 센서의 거리 측정의 정확도를 확인하고 다음 경사도에 따른 제동거리를 측정, 성능을 검증한다.

3.1 유압식 브레이크 시스템 구성

그림 6에 보인바와 같이, 바퀴부에 디스크로터를 부착하고 유압식 브레이크를 유모차 중심부에 연결하여 아두이노의 서보모터를 제어함으로써 자동 브레이크가 이루어지도록 구성하였다.

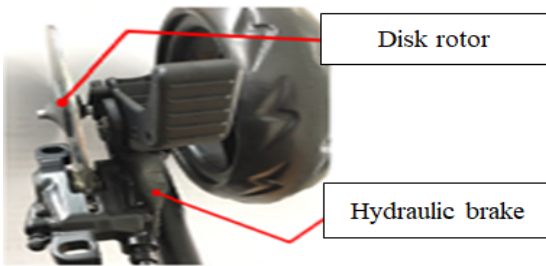
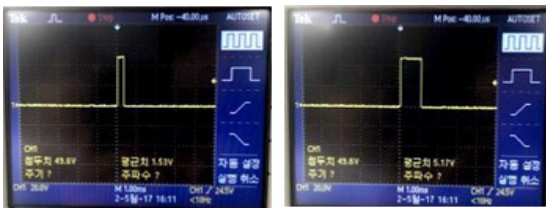


그림 6. 유압식 브레이크 구조
Fig. 6 Hydraulic brake structure

3.2 초음파센서를 이용한 거리 측정 실험

초음파 센서의 거리감지 능력을 통해 거리측정 실험을 실시하였다.



(a) 10cm 이하 (b) 10cm 초과
(a) Less than or Equal 10cm (b) Greater than 10cm

그림 7. 초음파 센서의 에코 출력파형
Fig. 7 Echo output waveform of ultrasonic sensor

기본적으로 물체와의 거리는 초음파 센서의 출력으로 돌아오는 에코 출력 파형의 폭 변화를 통해 추정할 수 있다. 초음파 센서의 거리에 대한 오차를 확인을 위해 실측거리 3cm, 5cm, 7cm 그리고 10cm에 대

한 거리 측정 실험을 하였으며, 그림 7은 10cm 일 경우를 보인다, 그림 5에서 (a)는 물체와의 거리가 10cm 이하일 때, (b)는 10cm를 초과할 때의 초음파 센서의 에코 출력파형을 보인다. 표 1은 실측거리 3cm, 5cm, 7cm 그리고 10cm에 대한 거리 측정 실험 결과를 보인다.

표 1. 초음파 센서 거리에 따른 측정값
Table 1. Measured value according to ultrasonic sensor distance

Real distance (cm)	Measuring distance according to the number of measurements					Error rate (%)
	1	3	5	7	9	
3	3.46	3.61	3.41	3.35	3.29	14.1
5	5.59	5.38	5.62	5.22	5.28	8.36
7	7.41	6.94	7.5	7.09	7.41	3.86
10	9.93	10.7	10.4	10.6	10.2	3.66

3.2 자이로센서 및 칼만 필터의 관한 실험

자이로 센서인 mpu-6050은 기본적으로 회전하는 물체의 역학운동을 이용한 개념으로 위치 측정과 방향 설정 등에 활용되는 센서이다.

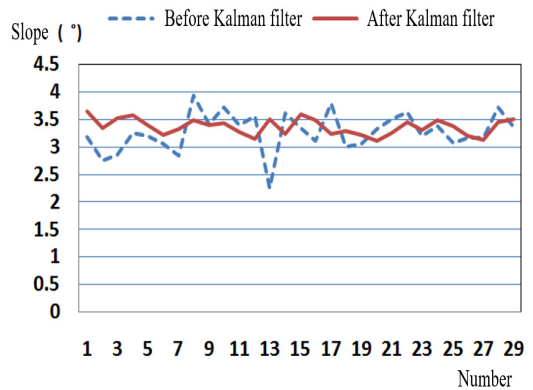


그림 8. 칼만 필터 적용 전, 후 비교
Fig. 8 Before and after of Kalman filter application

각속도를 측정하여 이 자이로 값을 적분하면 각도를 얻을 수 있는데, 적분과정에서 누적오차가 발생하기 때문에 이를 최소화시키기 위하여 칼만 필터를 적용 실험을 하였다. 그림 8을 통해 칼만 필터 적용 후

의 값들이 적용 전의 값들보다 안정적으로 나오는 것을 확인 할 수 있다. 그림 9는 자이로 센서에 칼만 필터를 적용하여 얻어지는 경사도에 따른 유모차 브레이크 동작 성공률을 보이는데, 매우 만족할만한 수준에 있음을 확인할 수 있다.

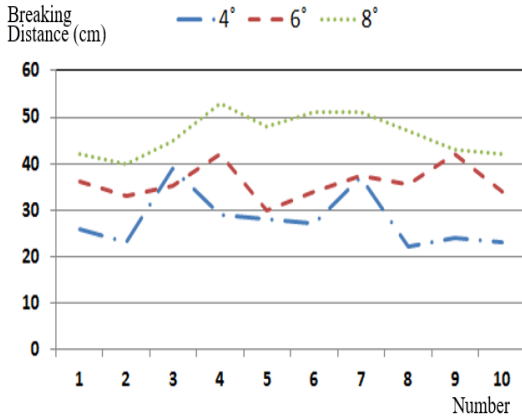


그림 9. 경사도에 따른 제동거리

Fig. 9 Breaking distance by angles of inclination

IV. 결론

본 논문의 목적은 유모차의 안전성을 개선하기 위한 자동 브레이크 시스템을 설계, 제작하는 것이다. 즉, 유모차 운전 중 부주의로 발생할 수 있는 추락, 미끄러짐 사고를 예방하기 위한 것이다. 초음파 센서는 적외선 센서처럼 물리적으로 직접 힘을 가하지 않아도 사용이 가능하기 때문에 1차적으로 용이하다는 의견이 나왔고, 적외선 센서처럼 시간이나 장소에 크게 영향을 받지 않기 때문에 초기에 나왔던 센서 중에서 초음파 센서가 가장 적합하다는 결론을 내렸다. 초음파 거리측정 실험을 통해 초음파 센서와 물체의 거리가 10cm일 경우 오차가 3.66%로 매우 적은 것을 확인할 수 있었다. 서보모터 각도에 따른 브레이크 동작 실험을 하였으며, 30°를 작동하였을 경우 브레이크 동작이 100%의 성공률을 보였다. 궁극적으로 실제 경사진 도로에서 자동제어 브레이크 시스템을 사용한 유모차가 일반 유모차 보다 추락이나 미끄러지는 경우가 현저히 적었다.

실험 결과를 통해서, 본 논문에서 제안된 자동 브레이크 시스템은 유모차 운전 중 부주의로 발생할 수 있는 안전사고를 미리 차단하여 영유아 유모차 사고율을 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 가까운 미래에 이러한 자동 브레이크 시스템을 적용한 새로운 형태의 유모차가 출현할 것으로 예상된다.

References

- [1] W. Cho, "Safety Message Transmission Technology for the Elderly Pedestrians at the Conflict Area: Motive and Technology Concept," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 3, 2015, pp. 413-418.
- [2] J. Lee, J. Park, S. Oh, and K. Lee, "Safety Security Method and Onboard Design for Inter-operation between CBTC, ATC Train Control System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 8, 2015, pp. 875-882.
- [3] D. Yoo, K. Hwang, and K. Lee, "A Study on Architecture Design of Output Module for SIL4 Safety Related System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 10, 2015, pp. 1079-1086.
- [4] K. Nam, "A Study on the Establishment of the Safe Kindergarten Connecting a Home and Disaster Preparedness(Life Safety) for Infants," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 3, 2016, pp. 245-252.
- [5] J. Park and T. Oh, "A Research on the Improvement & Actual Situation of Duplicated Safety Inspections for Facilities," *J. of the Korean Society of Safety*, vol. 32, no. 1, 2016, pp. 53-59.
- [6] J. Lee and T. Oh, "A Study on the Improvement of Subcontractors' Safety Management System in Construction Industries," *J. of the Korean Society of Safety*, vol. 32, no. 1, 2017, pp. 78-84.
- [7] B. Kim, W. Ji, and S. Jeon, "A Mediating Effect of Job Stress Between Physical Environmental Risk and Safety Behavior, and Moderating Effect of Perceived Control," *J. of the Korean Society of Safety*, vol. 32, no. 1, 2017, pp.

105-111.

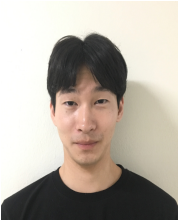
- [8] D. Jeon, "A study on the Implementation of Wireless Sensor Network for Wireless Home Networking," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 6, 2012, pp. 1337-1342.
- [9] E. Kim, Y. Bae, and J. Lee, "Pole Information Management System using RFID," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 12, 2015, pp. 1367-1372.
- [10] D. Ryu and T. Choi, "A Development of Smart Sensing Device for Monitoring Abnormal Vibration of Industrial Equipment," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 2, 2017, pp. 361-366.

저자 소개



민백규(Baek-Gyu Min)

2011년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중



박건우(Kun-Woo Park)

2012년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중



박정배(Jung-Bae Park)

2012년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중



김현아(Hyun-A Kim)

2014년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중



고윤석(Yun-Seok Ko)

1984년 2월 광운대 공대 전기공학과 졸업(공학사).

1986년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(석사).

1996년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사).

1986년~1996년 한국전기연구소 선임연구원.

1996년~1997년 포스코 경영연구소 연구위원.

1997년~현재 남서울대학교 전자공학과 교수.

2012년~2013년 University of Utah 방문교수

※ 주 관심분야 : 전력시스템 자동화, 배전자동화, 주택자동화, 인공지능, 로봇제어

