

안전벨트와 아이소픽스의 체결 상태를 감지하여 알려주는 스마트 카시트 시스템*

박승헌** · 전상언** · 공병훈** · 김승환** · 신성희*** · 서원탁*** · 이재완***
김민아**** · 강창순*****

A Smart Car Seat System Detecting and Displaying the Fastening States of the Seat Belt and ISOFIX*

SeungHeun Park** · Sangeon Jeon** · Beonghoon Kong** · seunghwan Kim**
Seung Hee Shin*** · Won-tak Seo*** · Jae-wan Lee*** · Min Ah Kim****
Chang Soon Kang*****

■ Abstract ■

Existing child car seats do not have a monitoring means for the driver or guardian to effectively recognize the status of whether the seat belt of car seat is fastened and whether the ISOFIX of the car seat is fastened to the inside device of the vehicle.

In this paper, we propose a smart car seat system which can monitor in real time, whether the seat belt of a child seated in the car seat is fastened and whether the ISOFIX of the car seat is fastened. The proposed system has been developed with a prototype, in which a Hall sensor, magnet, Bluetooth, and display device are used to detect whether these are fastened and to display the detection results. The prototype system provides the detection results as texts and alarm signal to the display for driver or guardian' smartphone in the car in motion.

With functional tests of the prototype system, it was confirmed that the detection functions are properly operated, and the detection results were transmitted to the display device and smartphone via Bluetooth within 0.5 seconds. It is expected that the development system can effectively prevent safety accidents of child car seats.

Keyword : Car seat, Seat Belt, ISOFIX, Fastening Detection, Bluetooth, Hall Sensor, Magnetic Field, Load Cell

Submitted : September 21, 2023

1st Revision : November 7, 2023

Accepted : November 8, 2023

* 이 논문은 2023~2024년도 창원대학교 자율연구과제 연구비 지원으로 수행된 연구결과임.

** 창원대학교 정보통신공학과 이동통신연구실 학부생

*** 실버팩스 연구소 선임연구원, 전임연구원, 대표

**** 경남 테크노파크 연구원

***** 창원대학교 정보통신공학과 교수, 교신저자

1. 서 론

최근 우리나라에서는 자동차를 이용한 가족 여행의 증가와 더불어 교통사고로 인한 어린이들의 피해도 증가하고 있다. 우리나라의 어린이가 10만명당 교통사고 사망자 수는 1.2명으로 OECD 국가의 평균인 1.1명보다 높은 실정이다(한국소비자보호원, 2018). 그런데 우리나라에서 영유아가 탑승한 차량의 교통사고를 분석한 결과에 의하면(성강민 외, 2015), 카시트의 안전벨트를 착용한 사고의 경우 탑승자의 손상 정도가 가장 낮을 정도로 유아용 보호장구의 사용이 절실히 요구된다. 이에 따라 우리나라에서도 영유아의 차량 탑승 시 아이 보호를 위하여 5점식 안전벨트가 포함된 카시트 장치를 차량의 뒷좌석에 의무적으로 고정 설치하여 아이에게 안전벨트를 착용토록 도로교통법으로 규정하고 있다[도로교통법].

일반적인 유아용 카시트는 5점식 안전벨트가 내장된 카시트 장치와 이 카시트 장치를 차량 내에 고정하기 위한 2개의 ISOFIX(아이소픽스) 등으로 구성되는데, 자동차 출고 시 뒷좌석에 고정 설치되어 있는 앵크(Anchor)와 카시트의 아이소픽스를 서로 체결하면 카시트 장치가 뒷좌석에 고정된다(한국소비자보호원, 2018; 박헌균, 2008). 이와 같이 구성되는 유아용 카시트 장치를 차량 내에 올바르게 고정 설치하여 사용할 경우, 그렇지 않은 경우에 비해 교통사고 발생 시 탑승자의 피해를 획기적으로 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다(한국소비자보호원, 2019). 실제 외국 사례로 카시트 장치를 아이소픽스로 올바르게 설치하여 사용할 경우 사망 및 부상을 크게 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다(윤영한 외, 2002).

그런데 유아용 카시트를 뒷좌석에 고정할 때 2개의 아이소픽스가 모두 앵크와 제대로 체결되지 않을 경우, 자동차 운행 중에 카시트 장치가 앵크와 분리되어 차량 급정지 시 카시트 탑승자가 매우 위험한 상황에 직면할 수 있다. 뿐만 아니라, 아이 보호자의 부주의 등으로 아이에게 안전벨트를 체결하지 않은

상태이거나, 제대로 착용시키지 않은 상태에서 차량이 주행할 경우 안전벨트가 풀리는 상황도 발생할 수 있다.

그러나 차량 운행 중 아이소픽스나 안전벨트의 체결 상태에 문제가 발생하더라도 운전자나 동승한 아이 보호자는 이를 신속하게 인지하기 쉽지 않기 때문에, 이러한 문제는 자동차 운행 중 급정지나 충돌 사고 발생 시 아이의 안전에 큰 위험을 초래할 수 있다. 따라서, 운행 중인 자동차의 카시트에 착석한 아이의 안전벨트가 제대로 체결되었는지, 카시트의 아이소픽스가 앵크와 제대로 체결(고정)되었는지를 운전자나 동승한 보호자가 실시간으로 모니터링할 수 있는 시스템이 절실히 요구된다.

한편 IoT(사물인터넷) 센서 등을 이용한 스마트 카시트 시스템들이 많이 알려져 있다. 먼저 아이의 보호자가 단독으로 차량 운행 시 뒷좌석의 카시트에 착석한 아이의 상태를 신속하게 인지하기 어려운 문제를 해결하기 위하여, IoT 센서와 라즈베리파이(Raspberry-Pi)로 감지하여 분석한 정보를 보호자의 스마트폰으로 아이의 상태를 모니터링할 수 있는 스마트 키즈 케어 시스템(정법권, 2020)이 있으나, 이 시스템은 아이 보호자가 차량 운행 중에도 스마트폰에 지속적인 관심을 가져야 하기에 안전 운행에 지장을 초래할 우려가 있다. 또한 아이가 카시트에 착석할 때 압력 분포의 변화 패턴을 통해 아이의 현재 상태를 파악하여 공기압 조절 기능을 사용하여 자세 교정을 하거나, 엉덩이 부분에 온도 센서를 설치하여 아이의 대소변 여부를 감지하는 에어 카시트 모니터링 시스템도 있다(김대훈 외, 2021).

이외에도, 아동의 차량 내 안전사고 예방을 위한 시스템도 알려져 있다. 차량 내에 아동의 방치 사고를 예방하기 위해 IP 카메라로 차량 내부를 촬영한 영상에서 OpenCV 등 영상처리 기술을 사용하여 영상 속 물체의 움직임을 검출한 뒤 움직임이 있으면 보호자에게 경고 알림을 보내는 시스템이 있다(강민정 외, 2018). 또한 차량 내 방치된 유아를 감지하기 위해 24GHz 대역의 소형 레이더 기술을 이용해 아이의 자세나 수면 등 어떠한 상황에도 존재

하는 생체신호를 이용하여 유아를 감지하는 기술도 알려져 있다(김상동 외, 2018).

그런데 기존에 알려진 유아용 카시트와 안전사고 예방 시스템들은 운전자나 아이 보호자가 차량 운행 중 안전벨트의 체결 여부나 아이소픽스의 체결(고정) 여부를 신속하고 용이하게 확인할 수 있는 수단 이 없다. 특히 아이소픽스는 카시트 장치를 차량 뒷 좌석의 앵크에 고정하기 때문에, 아이소픽스가 제대로 고정(체결)되었는지 눈으로 확인하기 쉽지 않다. 따라서 이러한 안전벨트 및 아이소픽스 체결 관련 문제를 해결하기 위해서는 운전자나 동승한 보호자 가 직접 이들 장치의 체결 여부를 일일이 확인해야 하는 번거로움이 따른다.

따라서 본 논문에서는 안전벨트와 아이소픽스의 체결 상태를 감지하여 알려주는 스마트 카시트 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 카시트 장치에서 수집한 카시트 착석 여부, 안전벨트 체결 여부 및 아이소픽스 체결 여부를 감지하여 그 결과를 블루투스 통신으로 차량 내의 디스플레이 장치와 스마트폰에 전송하여 운전자나 동승한 보호자가 신속하게 인지 할수 있도록 문자 등으로 표시하며, 특히 안전벨트 나 아이소픽스 미체결(풀림) 시에는 경보음을 발생 하도록 개발되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 제안 하는 스마트 카시트 시스템의 설계에 관하여 설명하 고, 제3장에서는 제안 시스템의 구현 및 주요 구현 결과에 관하여, 제4장에서는 개발 시스템의 기능 및 신뢰성 확인을 위하여, 개발한 스마트 카시트 시스 템의 시험 결과를 분석하고, 마지막으로 제5장에서 결론을 논한다.

2. 시스템 개요 및 설계

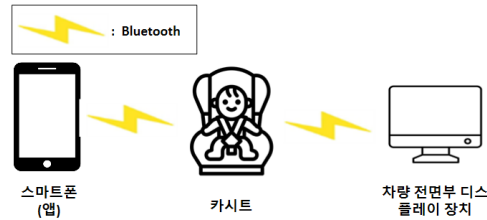
2.1 시스템 개요

본 논문에서 제안하는 스마트 카시트 시스템을 위 하여 <표 1>과 같은 사용자 요구사항을 고려한다. 즉 제안 시스템은 착석 여부를 비롯하여 안전벨트와

아이소픽스의 체결 여부를 감지하고, 이들 감지 결 과를 블루투스(Bluetooth)를 통하여 차량 내의 디 스플레이 장치 및 스마트폰에 전송하여 시각적인 표 시와 함께 경고음을 제공해야 한다. 또한 아이가 카 시트에 착석하지 않은 경우 운전자가 카시트 장치의 전원을 쉽게 차단할 수 있어야 한다.

<표 1> 사용자 요구사항

요구사항	세부 내용
착석여부, 안전벨트 및 아이소픽스 체결 감지	<ul style="list-style-type: none"> • 착석 여부, 안전벨트 및 아이소 픽스의 체결 여부를 정확하게 감지할 수 있어야 함
착석 및 체결 여부를 운 전자에게 제공	<ul style="list-style-type: none"> • 착석 여부, 안전벨트 및 아이소 픽스의 체결 여부를 운전자가 문자 표시 등으로 신속하게 확 인 가능해야 함
안전벨트나 아이소픽 스 미체결 시 이에 대한 표시 및 경고음 제공	<ul style="list-style-type: none"> • 안전벨트나 아이소픽스 미체 결 시 이에 대한 경고 문자 표시 와 함께 경고음 제공해야 함
장기 미착석 시 전력 소 비 절약 기능	<ul style="list-style-type: none"> • 카시트에 장기 미착석 시에는 시스템 전원을 끄는 등 전력소 비를 최소화 할 수 있어야 함



[그림 1] 제안하는 스마트 카시트 시스템의 전체 구성도

제안하는 스마트 카시트 시스템은 [그림 1]과 같 이 크게 스마트폰(좌), 카시트 장치(중)와 디스플레이 장치(우)로 구성된다. 카시트 장치는 블루투스 통신으로 디스플레이 장치와 스마트폰에 안전벨트 및 아이소픽스의 체결 여부와 착석 여부에 관한 감 지 결과를 전송하여 표시하도록 한다.

2.2 시스템 설계

제안하는 스마트 카시트 시스템의 사용자 요구사

항을 토대로 <표 2>와 같은 시스템 요구사항을 설정하였다.

<표 2> 시스템 요구사항

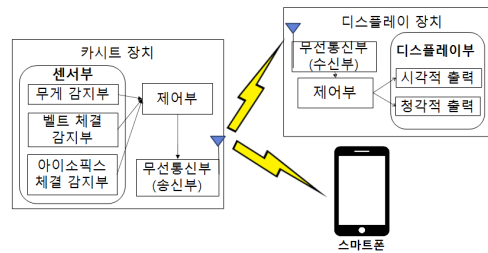
요구 사항	세부 내용
<ul style="list-style-type: none"> •착석 여부, 안전벨트 및 아이소픽스의 체결 여부를 정확하게 감지 	<ul style="list-style-type: none"> •IoT 센서 및 임베디드 시스템을 이용하여 착석여부, 안전벨트 및 아이소픽스의 체결 감지
<ul style="list-style-type: none"> •카시트 장치와 디스플레이 장치 간, 카시트 장치와 스마트폰 간 무선 접속 	<ul style="list-style-type: none"> •카시트 장치에서 감지한 착석 여부, 안전벨트 및 아이소픽스의 체결 여부를 블루투스 통신으로 디스플레이 장치 및 스마트폰에 전송
<ul style="list-style-type: none"> •감지 결과를 운전자가 쉽게 인지할수 있는 수단 제공 	<ul style="list-style-type: none"> •착석 여부, 안전벨트 및 아이소픽스의 체결 여부를 디스플레이 장치에 문자 등으로 시각화
<ul style="list-style-type: none"> •안전벨트와 아이소픽스 미체결 시 경고문 표시 및 경고음 제공 	<ul style="list-style-type: none"> •안전벨트나 아이소픽스 미체결 시 디스플레이 장치 및 스마트폰을 통해 경고문 표시하고, 스피커를 통해 경고음 발생

이러한 시스템 요구사항들을 반영한 제안 시스템의 세부 구성은 [그림 2]와 같다. 카시트 장치는 센서부와 제어부 및 무선통신부(송신)로 구성되며, 센서부는 무게 감지부, 벨트 체결 감지부 및 아이소픽스 체결 감지부로 구성된다. 여기서, 제어부는 착석 여부, 안전벨트 및 아이소픽스 체결 여부의 감지 결과를 블루투스 통신으로 디스플레이 장치의 무선통신부(수신부)로 전송한다. 제안하는 시스템은 개발 비용 등을 고려하여 오픈소스 기반의 하드웨어 플랫폼(아두이노 등)을 사용하며, 차량 전원을 사용할 수 있도록 설계하였다.

디스플레이 장치는 카시트 장치로부터 착석 여부, 안전벨트 및 아이소픽스 체결 여부에 관한 데이터를 수신하여, 디스플레이부 화면에 ‘착석’, ‘체결’ 또는 ‘미체결’ 문자를 표시하고, 만약 착석한 상태에서 안전벨트 또는 아이소픽스 미체결 시 해당 문자가 깜박이면서 스피커로 경고음을 발생시킨다. 이 외에도 카시트에 아이가 탑승하지 않았거나 장기 미착석 상태일 경우 운전자가 디스플레이 화면에 있는 ‘버튼’을 눌러 뒷좌석에 설치되어 있는 카시트 장치의 전

원을 쉽게 끌 수 있으며, 아이가 탑승할 경우 다시 켤 수도 있도록 설계하였다.

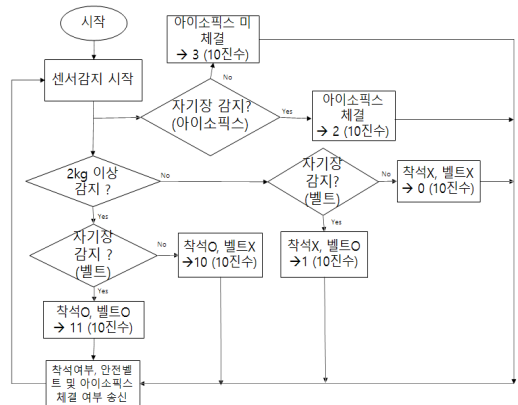
스마트폰 또한 카시트 장치로부터 착석 여부, 안전벨트 및 아이소픽스 체결 여부에 관한 데이터를 수신한다. 만약 착석한 상태에서 안전벨트 또는 아이소픽스 미체결 시 해당 문자가 깜박이면서 스마트폰에 내장된 스피커에서 경고음이 발생된다.



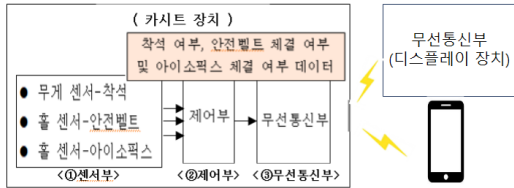
[그림 2] 제안하는 스마트 카시트 시스템의 세부 구성도

2.2.1 카시트 장치

카시트 장치는 [그림 3]과 안전벨트 체결 감지와 아이소픽스 체결 감지를 위하여 홀 센서(Hall sensor)를 사용하여 자기장(홀 전압) 발생 여부를 확인한다. 안전벨트 체결 감지부의 홀 센서에서 자기장을 감지할 경우 안전벨트가 체결되었다고 판단하며, 아이소픽스 체결부의 홀 센서에서 자기장을 감지할 경우 아이소픽스 체결로 판단하게 된다.



[그림 3] 제안하는 시스템에서 카시트 장치의 동작 흐름도

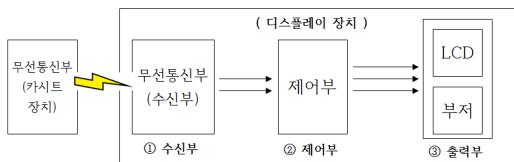


[그림 4] 카시트 장치의 착석 및 체결 여부 데이터 전송

카시트 장치의 세부 구성과 이들의 상호 동작은 [그림 4]와 같다. 센서부를 구성하는 1개의 무게 센서와 2개의 홀 센서는 감지 결과를 제어부로 전송한다(①). 제어부는 센서별 감지 값을 토대로 착석 여부와 체결 여부를 판단하여 착석 여부, 안전벨트 및 아이소픽스의 체결 여부 데이터를 생성하여 무선통신부로 전달한다(②). 무선통신부는 제어부로부터 수신한 착석 여부, 안전벨트 체결 여부와 아이소픽스 체결 여부 관련 데이터를 블루투스 통신으로 디스플레이 장치 및 스마트폰에 전송한다(③).

2.2.2 디스플레이 장치

[그림 5]와 같이 디스플레이 장치의 무선통신부(수신부)는 카시트 장치로부터 수신한 착석 여부와 안전벨트 및 아이소픽스의 체결 여부 데이터를 수신하여 제어부로 전달하며, 출력부는 제어부로부터 전달받은 착석 여부와 체결 여부 데이터를 LCD(Liquid Crystal Display)에 표시한다. 만약 착석한 상태에서 안전벨트나 아이소픽스가 미체결 시 LCD의 표시 내용이 깜박이면서 부저로 경고음을 출력한다.

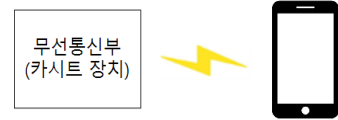


[그림 5] 제안하는 시스템에서 디스플레이 장치의 구성

2.2.3 스마트폰

[그림 6]과 같이 스마트폰은 카시트 장치로부터 착석 여부와 안전벨트 및 아이소픽스 체결 여부 데

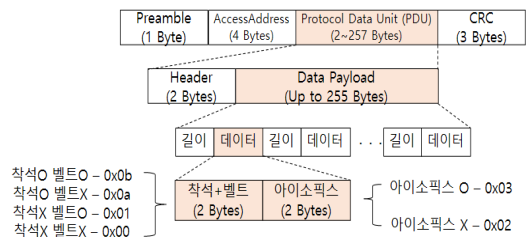
이터를 수신하여 착석 여부와 체결 여부를 화면에 표시한다. 만약 착석한 상태에서 안전벨트나 아이소픽스가 미체결 시 화면의 표시 내용이 깜박이면서 스마트폰의 스피커로 경고음을 출력한다.



[그림 6] 제안하는 시스템에서 카시트 장치와 스마트폰 간 데이터 전송

2.2.4 착석 여부와 체결 여부 관련 데이터의 형식

카시트 장치에서 블루투스 통신으로 디스플레이 장치에 전송하는 착석 여부, 안전벨트 및 아이소픽스의 체결 여부 관련 데이터의 형식은 [그림 7]과 같다. 착석 여부와 체결 여부의 각 상태를 구별하기 위하여, ‘착석과 미착석’ 각각의 상태에서 각각 ‘안전벨트 체결’과 ‘안전벨트 미체결’ 상태 조합을 고려하였다. 즉, 착석과 벨트체결(착석O 벨트O), 착석과 벨트 미체결(착석O 벨트X), 미착석과 벨트 체결(착석X 벨트O), 미착석과 벨트 미체결(착석X 벨트X). 또한 이들 조합과 별도로 ‘아이소픽스 체결’과 ‘아이소픽스 미체결’ 상태를 고려하였다.



[그림 7] 제안하는 시스템에서 착석 및 체결 여부 데이터의 구성

3. 시스템 구현 및 주요 결과

제2장에서 설계한 내용을 토대로 제안하는 스마

트 카시트 시스템을 시제품으로 개발하였다. 카시트 장치의 센서부를 구성하는 홀 센서와 무게 센서는 <표 3>과 같이 감지 결과를 아날로그 또는 디지털 형식으로 출력한다.

그리고 센서에서 감지한 착석 여부와 체결 여부를 디스플레이 장치에 전송하는 카시트 장치의 제어부와 디스플레이 장치의 제어부의 주요 사양은 각각 <표 4> 및 <표 5>와 같다.

<표 3> 센서별 주요 사양

모델명	주요 사양
홀 센서	<ul style="list-style-type: none"> • 자기장 발생 감지 • 금속제 내부 포함 • 출력형식 : 디지털
무게 센서 (Load Cell)	<ul style="list-style-type: none"> • 무게 센서 10 kg • 출력형식 : 아날로그 • 감지 범위 : 0 ~ 10 kg

<표 4> 카시트 장치 제어부의 주요 사양

항목	아두이노 프로 미니 16MHz
마이크로컨트롤러	• ATmega328
메모리	• 32KB(ATmega328)
SRAM	• 2KB
EEPROM	• 1KB

<표 5> 디스플레이 장치 제어부의 주요 사양

항목	아두이노 메가 2560
마이크로 컨트롤러	• ATmega2560
플래시 메모리	• 256KB(ATmega2560)
SRAM	• 8KB
EEPROM	• 4KB

카시트 장치와 디스플레이 장치의 무선통신부는 <표 6>과 같은 블루투스 HM-10 모델을 사용하였다. 최종적으로 구현한 스마트 카시트 시스템의 카시트 장치와 디스플레이 장치의 시제품 외관은 [그림 8]과 같다.

<표 6> 무선통신부(블루투스)의 주요 사양

모델명	• HM-10
버전	• 블루투스 V4.0 BLE
통신 거리	• ~100m
전송속도	• 6K Bytes
주파수 대역	• 2.4GHz ISM band



[그림 8] 개발한 스마트 카시트 시스템: 카시트 장치(우)와 디스플레이 장치(좌)

3.1 카시트 장치의 감지 장치

제안하는 스마트 카시트 시스템의 카시트 장치는 센서부와 제어부를 통하여 착석 여부, 안전벨트 체결 여부 및 아이소픽스 체결 여부를 각각 감지하며, 이들 감지 결과를 블루투스 통신으로 차량 내의 디스플레이 장치로 전송하도록 [그림 9]와 같이 개발되었다.

3.1.1 안전벨트 체결 감지 장치

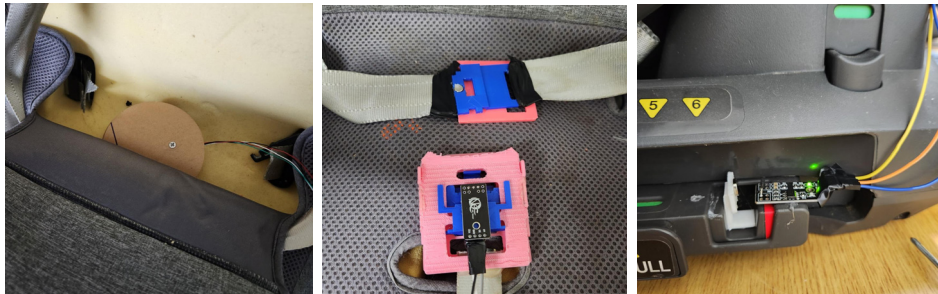
기존 유아용 카시트 장치의 안전벨트는 [그림 10]과 같이 크게 버클링과 버클로 구성되며, 좌측 버클링과 우측 버클링을 하나로 합쳐 버클에 삽입하면 안전벨트가 체결된다.

제안하는 스마트 카시트 시스템에서 안전벨트 체결 여부를 감지하기 위하여, [그림 11]과 같이 자석을 버클링의 체결면에 부착하고 홀 센서를 버클 내부에 구성하였다. 이와 같이 구성된 안전벨트를 체결할 경우, 버클링의 자석이 버클의 홀 센서

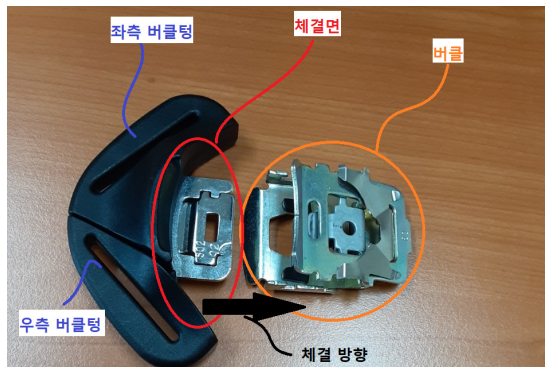
에 근접하면서 홀 센서 주변에 자기장이 발생하며, 이때 홀 센서는 자기장의 세기에 비례하는 크기의 홀 전압(Hall voltage, V_H)을 출력하게 된다. 즉, $V_H = R_H(IB/t)$, 여기서, R_H 는 홀 계수, I는 전류, B는 자속 밀도, t는 센서의 두께를 각각 나타낸다 (Hall effect, Youtube-Wikipedia). 반면에, 안전

벨트를 풀 경우 홀 센서는 자석과 멀어지면서 홀 전압을 출력하지 않는다.

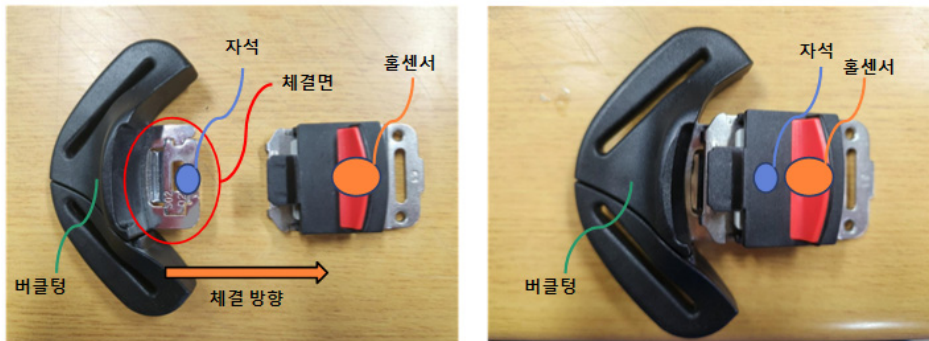
[그림 9] (중)은 이와 같이 동작하는 안전벨트 체결 감지 장치를 내장한 안전벨트(버클-버클팅)의 모습을 보여준다. 개발한 안전벨트의 버클을 버클팅에 삽입(체결)하면 홀 센서에서 출력하는 홀 전압을



[그림 9] 개발한 카시트 장치의 착석 감지 장치(좌)와 안전벨트 체결 감지 장치(중) 및 아이소픽스 체결 감지 장치(우)



[그림 10] 기존 카시트 장치의 안전벨트(버클팅-버클) 세부 구조



[그림 11] 개발한 안전벨트 체결 감지 장치의 동작 개념: 체결 전(좌)과 체결 후(우)

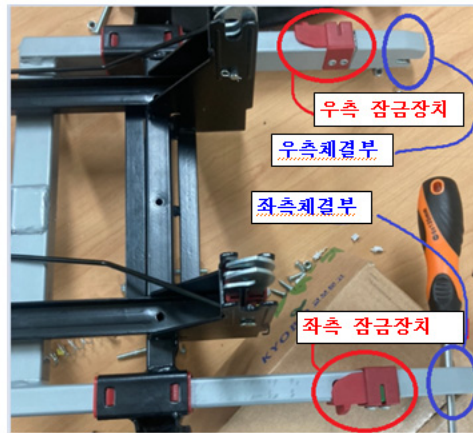
감지한 제어부가 안전벨트의 '체결'을 인지하게 되며, 반대로 버클과 버클팅을 풀 경우 안전벨트의 '미체결(해제)'을 판단하게 된다.

한편, 홀 센서가 홀 전압을 출력하려면 홀 효과를 일으킬 수 있는 금속체가 필요한데, 위 그림은 홀 센서에 금속체가 포함된 구성을 나타낸 것이다. 즉, 자석이 부착되어 있는 버클팅이 버클 내부로 삽입될 경우, '홀 센서 - 자석' 순으로 배치되는데, 이때 홀 센서는 자기장을 감지하여 벨트가 체결되었다고 판단한다. 만약 홀 센서에 금속체가 포함되지 않은 경우에는 홀 센서와 자석 사이에 금속체를 추가하여 홀 효과를 일으키게 할 수 있다.

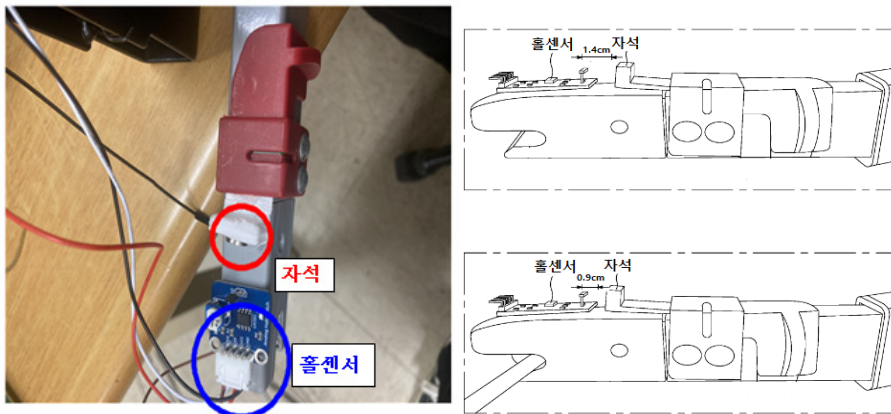
3.1.2 아이소픽스 체결 감지 장치

[그림 12]는 기존 상용 카시트 장치의 아이소픽스 전체 구성을 보여준다. 좌·우측 체결부는 통상적인 승용차의 뒷좌석에 설치되어 있는 앵커와 카시트 장치를 결합(체결)할 때 사용하며, 좌·우측 잠금 장치(해제 겸용)는 아이소픽스를 앵크와 체결 후 잠금(lock) 또는 해제 시에 사용한다.

[그림 13]은 개발한 스마트 카시트 시스템에서 홀 센서와 자석으로 구현한 아이소픽스 체결 감지 장치(좌)를 차량 좌석에 고정된 앵크(금속 물체)와의 체결 전·후 모습을 각각 보여준다. 아이소픽스는 앵크와 체결되기 전에는 이 둘 사이의 거리가 일정 간격



[그림 12] 상용 카시트 장치의 아이소픽스 전체 구성(예시)



[그림 13] 개발한 아이소픽스 체결 감지 장치(좌)와 앵크의 체결 전·후의 모습(우)

떨어져(예시, [그림 13]의 우·상, 1.4cm) 홀 센서가 자기장(홀 전압)을 감지하지 못하며, 이 경우 제어부는 아이소픽스 미체결 상태로 판단한다.

반면에, [그림 13]의 우측 아래처럼 아이소픽스가 앵크와 체결될 경우 아이소픽스의 잠금 장치가 0.5cm 밀려나게 되어 홀 센서와 자석 사이의 거리가 0.9cm로 가까워지면서 홀 센서가 자기장을 감지하게 되는데, 이때 제어부는 아이소픽스 체결 상태로 판단하게 된다. 즉, [그림 12]와 같이 좌·우측 총 2개의 체결부로 구성되는 아이소픽스 체결부 각각에 부착된 홀 센서 중에서 하나라도 자기장을 감지하지 못할 경우는 아이소픽스 미체결 상태로 판단하고, 좌·우측의 홀 센서 모두 자기장을 감지하는 경우에만 체결 상태로 판단한다.

3.1.3 착석 감지 장치

한편 착석 감지 장치[그림 9](좌)는 무게 센서를 통하여 아이의 착석 시 무게를 감지하며, 이 감지 결과는 제어부를 통하여 블루투스로 디스플레이 장치로 전송되어 표시된다.

3.2 디스플레이 장치



[그림 14] 개발한 스마트 카시트 시스템의 디스플레이 장치

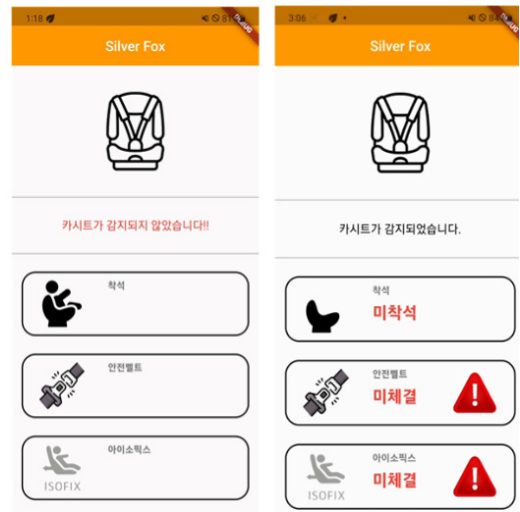
[그림 14]는 개발한 스마트 카시트 시스템의 디스플레이 장치로. 카시트 장치로부터 착석 여부, 안전벨트 체결 여부 및 아이소픽스 체결 여부 관련 데이

터를 수신하여 이들 상태 정보를 LCD에 표시한다. 뿐만 아니라, 디스플레이 장치는 아이가 착석한 상황에서 안전벨트나 아이소픽스 미체결 시엔 LCD 화면에 표시된 상태 문자를 깜빡이면서 경고음을 발생한다.

이외에도 아이가 탑승하지 않은 경우, 사용자가 LCD 우측 상단의 전원 버튼을 터치하면 카시트 장치의 전력을 차단하도록 구현하였다.

3.3 스마트폰

[그림 15]는 개발한 스마트 카시트 시스템의 스마트폰 어플리케이션(예시)이다. 좌측 그림은 카시트 장치가 감지되지 않을 경우 표시되는 화면이며, 정상적인 상황일 경우 우측 그림처럼 화면이 나타난다. 카시트 장치로부터 착석 여부, 안전벨트 체결 여부 및 아이소픽스 체결 여부 관련 데이터를 수신하여 이들 상태 정보를 화면에 표시한다. 뿐만 아니라, 아이가 착석한 상황에서 안전벨트나 아이소픽스 미체결 시엔 스마트폰 화면에 표시된 상태 문자를 깜빡이면서 경고음을 발생한다.



<카시트 미감지>

<미착석, 미체결>

[그림 15] 개발한 스마트 카시트 시스템의 디스플레이 장치

4. 시험 및 결과 고찰

본 논문에서 개발한 스마트 카시트 시스템의 동작 및 신뢰성 확인을 위하여, 실험실 환경에서 1) 카시트 착석 감지 기능, 2) 안전벨트 체결 감지 기능, 3) 아이소픽스 체결 감지 기능 및 4) 감지 결과의 블루투스 통신 기반 모니터링 시스템 송출 시간 등에 대하여 각각 100회씩 반복 시험을 수행하였다.

4.1 카시트 착석 감지 기능

카시트에 아이의 착석 여부를 감지하는 기능이 정상적으로 동작하는지 검증하기 위하여, 착석 상태와 착석하지 않은 상태를 각 50회씩(총 100회) 반복 시험을 수행하여 상태를 감지한 데이터가 디스플레이의 화면에 정상적으로 출력되는 횟수를 확인하였다.

그런데 실제로 아이가 착석한 상황에서 시험을 진

행할 수 없어, 시제품에 탑재된 무게감지 센서의 감지 기준이 3 Kg인 점과 통상 아이의 몸무게를 고려하여 무게 센서를 손으로 눌렀을 때 아이가 착석한 것으로 간주하도록 시험을 실시하였다.

즉, [그림 16]과 같이 카시트를 눌렀을 때 디스플레이 화면에 ‘Seated’ 상태 문자가 출력되고, 누르지 않았을 때 ‘Not Seated’ 상태 문자가 출력되는 각 상태를 번갈아 가며 50회씩(총 100회) 반복하여 착석 감지 상태 데이터가 정상적으로 출력되는지 확인하였다.

이와 같이 총 100회 반복 시험한 결과, 100회 모두 착석 상태와 미착석 상태를 제대로 감지하여 디스플레이 화면에 정상적으로 출력하는 것을 확인하였다.

4.2 안전벨트 체결 감지 기능

카시트에 착석한 아이의 안전벨트 체결 여부를 감



[그림 16] 개발 시스템(좌)의 착석 감지 기능시험 모습: 착석(좌), 미착석(우)



[그림 17] 개발한 스마트 카시트 시스템(좌)의 체결 감지 기능이 내장된 안전벨트(우)



[그림 18] 안전벨트 체결 감지 기능 시험 모습: 체결(좌), 미체결(우)

지하는 기능이 정상적으로 동작하는지 검증하기 위하여, [그림 17]과 같이 안전벨트 체결 감지부로 안전벨트를 체결한 상태와 미체결한 상태를 각 50회씩(총 100회) 반복 시험을 수행하여 상태를 감지한 데이터가 디스플레이 화면에 정상적으로 출력되는 횟수를 확인하였다.

즉, [그림 18]과 같이 안전벨트의 버클과 버클링을 체결할 경우 홀 센서가 홀 전압을 출력하면서 카시트 장치의 제어부가 체결 상태를 감지하여 디스플레이의 화면에 'Fasten(체결)'이 출력되고, 체결하지 않았을 경우 'Not Fasten(미체결)'가 출력되는지 각 상태를 번갈아 가며 50회씩(총 100회) 반복하여 안전벨트 체결 감지 상태 데이터가 정상적으로 출력되는지 확인하였다.

이와 같이 총 100회 반복 시험한 결과, 100회 모두 안전벨트의 체결 및 미체결 상태를 제대로 감지하여 디스플레이 화면에 정상적으로 출력하는 것을

확인하였다.

4.3 아이소픽스 체결 감지 기능

카시트 장치의 아이소픽스가 차량 내 뒷좌석의 앵크와 체결 여부를 감지하는 기능이 정상적으로 동작하는지 검증하기 위하여, 아이소픽스의 체결 상태와 미체결 상태를 각 50회씩 반복 시험하여 감지한 상태가 디스플레이의 화면에 정상적으로 출력되는 횟수를 확인하였다.

그런데 실제 차량에서 시험을 진행하기 어려워, [그림 19](우)와 같이 구현한 아이소픽스 체결부에 앵크 대역으로 금속 물품(드라이버)를 사용하여 체결 및 미체결(해제) 기능을 시험하였다. 즉, [그림 20](좌)와 같이 좌·우측 아이소픽스 체결부에 금속 물품이 맞물렸을 때 이 금속 물품이 아이소픽스에 고정되면서 홀 센서와 근접하는 조건을 아이소픽스



[그림 19] 개발한 스마트 카시트 시스템(좌)의 아이소픽스 체결 감지부(우)



[그림 20] 아이소픽스 체결 감지 기능시험 모습 : 체결(좌), 미체결(우).

체결 상태로 간주하였으며, [그림 20](우)와 같이 버튼을 눌러 고정된 금속 물품을 해제하여 금속 물품이 홀 센서와 떨어지는 조건을 아이소픽스 미체결 기준으로 간주하였다.

이에 따라, 카시트 장치의 아이소픽스 체결부 두 곳에 드라이버를 결합시켰을 때 디스플레이 화면에 'Fasten(체결)' 상태가 표시되고, 체결하지 않았을 때 'Not Fasten(미체결)' 상태가 표시되는지 확인하였다.

이와 같이 총 100회 반복 시험한 결과, 100회 모두 아이소픽스의 체결 및 미체결 상태를 감지하여 디스플레이 화면에 정상적으로 출력하는 것을 확인하였다.

4.4 블루투스 통신 기반 모니터링 시스템 송출 시간

카시트의 착석 여부, 안전벨트 체결 여부 및 아이소픽스 체결 여부에 대해 감지한 결과를 블루투스 통신으로 디스플레이 장치에 송출하는 기능과 송출 시간을 확인하기 위하여, 감지 결과가 디스플레이 화면에 출력되는 시간을 5회 측정하였으며 평균 시간을 확인하였다.

카시트의 착석 여부, 안전벨트 체결 여부 및 아이소픽스 체결 여부에 대해 감지한 결과를 블루투스 통신으로 디스플레이 장치에 송출하는 기능을 확인하기 위하여, 감지 결과가 디스플레이 화면에 출력되는 시간을 5회 측정하여 평균 시간을 측정하였다. 그런데 세 가지 감지 기능 모두 동일한 블루투스 송

출 시스템을 사용하므로 카시트 착석 감지 기능을 통해 본 시험을 수행하였다.

즉, 앞서 기술한 바와 같이 아이의 착석 여부를 감지하는 카시트 중앙 하부에 설치된 무게 센서를 눌러 3 Kg 이상의 무게를 감지하도록 하였다. 센서가 무게를 감지하였을 때, LCD 화면에 표시되는 상태가 'Not Seated(미착석)'에서 'Seated(착석)'으로 변경되는데 걸리는 시간이 1초 이내인지 5회 반복 시험을 하였다.

<표 7> 감지 결과의 블루투스 통신 기반 송출 시간

구분	누른 시간(A)	감지한 시간(B)	송출 시간(B-A)
1차	10:15.01	10:15.41	0.40초
2차	10:20.00	10:20.78	0.78초
3차	10:30.00	10:30.27	0.27초
4차	10:35.03	10:35.67	0.64초
5차	10:45.00	10:45.37	0.37초
평균			0.49초

이와 같은 방법으로 확인한 블루투스 통신 기반의 송출 시간은 <표 7>과 같다. 가장 빠른 송출 시간은 0.27초, 가장 느린 송출 시간은 0.78초로 모두 1초 이내에 디스플레이 장치로 감지 결과 데이터를 송출하였다. 총 5회 반복 시험한 결과, 평균 송출 시간은 0.49초로 나타났다. 이 시험 결과는 데이터 로그를 통해 얻은 것이 아니라, 시험 수행자가 직접 누른 시간과 센서가 감지한 결과를 송출한 시간 차이로 송출 시간을 계산하였기 때문에 시험자의 반응 시간 정도의 오차는 발생할 수 있다.

한편 개발한 스마트 카시트 시스템에서 제공하는 착석 감지 기능, 안전벨트 체결 감지 기능 및 아이소픽스 체결 감지 기능을 각각 100회씩 반복 시험 한 결과 100회 모두 정상적으로 동작하는 것을 확인하였다. 또한 개발한 스마트 카시트 시스템의 각 기능을 감지한 상태 데이터가 블루투스 통신으로 디스플레이 장치에 제대로 송출되며, 특히 체결 여부를 감지한 후 송출에 걸리는 시간이 5회 반복 시험 기준 평균 0.49 초 가량 소요되어 개발 시스템을 실제 차량에 적용하여 활용하기에 적절한 것으로 판단된다.

5. 결론

최근 자동차를 이용한 가족 여행의 증가로 안전한 유아용 카시트에 대한 관심도 증가하고 있다. 통상의 유아용 카시트 장치는 아이의 착석을 위한 시트, 안전벨트 및 카시트 장치를 차량 내부에 고정하는 아이소픽스 등으로 구성된다. 그런데 차량 운전자나 보호자가 아이의 안전벨트 미체결 상태를 미처 인지하지 못한 상태에서 운행하거나, 아이소픽스 장치가 제대로 체결되지 않은 상태에서 운행할 경우 아이의 안전에 위협이 초래될 수도 있으나, 보호자가 이러한 위험 상황을 효과적으로 인지할 수 있는 모니터링 수단이 없는 문제점이 있다.

본 논문에서는 이러한 기존 유아용 카시트 장치의 문제점을 해결하기 위하여, 운전자나 동승한 보호자가 운행 중인 자동차의 카시트에 착석한 아이의 안전벨트 체결 상태와 아이소픽스의 차량 내 체결 상태 등을 차량 내의 디스플레이 장치를 통하여 실시간으로 확인할 수 있는 스마트 카시트 시스템을 개발하였다. 개발 시스템은 무게 센서를 사용하여 아이의 착석 여부를 감지하고, 자석과 홀 센서를 사용하여 안전벨트 체결 여부 및 아이소픽스 체결 여부를 감지하며, 이들 감지 결과를 블루투스 통신으로 차량 내 디스플레이 장치로 송출한다.

개발한 스마트 카시트 시스템의 각 기능을 100회씩 반복 시험한 결과, 착석 감지 기능, 안전벨트 체결 감지 기능 및 아이소픽스 체결 감지 기능이 정상

적으로 동작하였으며, 각각의 감지 결과들을 블루투스 통신으로 1초 이내에 차량 내의 디스플레이 장치로 송출함을 확인하였다. 따라서 이러한 시험 결과를 고려할 때 개발 시스템을 실용적으로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

그런데 홀센서를 사용하여 안전벨트와 아이소픽스의 체결 여부를 감지하기 때문에, 카시트 장치 주변에 강자성을 띤 물체가 있을 경우 시스템의 정상적 작동에 영향을 줄 수도 있다. 이를테면, 실제 체결되지 않았음에도 체결되었다고 디스플레이 장치나 스마트폰에 표시되는 경우 아이의 안전에 심각한 영향을 줄 수도 있으므로, 추후 자성 물체의 종류에 따른 영향 분석과 아울러 오작동 될수 있는 환경 분석 및 이에 대한 대책도 함께 연구할 예정이다.

그리고 현실성 있는 시험 환경을 고려하여 본 연구에서 개발한 카시트 시스템을 실제 자동차에 설치하여 전반적인 기능시험 등을 추후 실시할 예정이다.

참고문헌

- 강민정, 김다예, 안영채, 이운민, 고석주, 김정석, “IP 카메라와 OpenCV를 활용한 차량 내 이동방치 사고 예방 시스템”, 한국통신학회 학술대회논문집, 2018. 11, 290-291.
- 김대훈; 정수은; 박수현, “IoT 센서를 이용한 공기자동조절 스마트 에어 카시트 제어 시스템 개발”, 한국정보통신학회 종합학술대회 논문집, 2021. 10, 208-210.
- 김상동, 진영석, 김봉석, 이종훈, “차량 내 유아 감지용 24GHz 대역의 소형 레이다 기술”, 한국자동차공학회 춘계학술대회 논문집, 2018. 06, 849-849.
- 도로교통법 [시행2023. 7. 4.] [법률 제19158호, 2023. 1. 3., 일부개정] 제11조(어린이 등에 대한 보호), 제50조(특정 운전자의 준수사항).
- 박현균, “국내산 유아, 아동용 카시트 보급 진흥을 위한 개선책,” *한국디자인문화학회지*, 제14권, 제1호, 2008, 135-148.

- 성강민, 김상철, 전혁진, 곽영수, 윤영한, 이강현, 박종찬, 최지훈 “영유아 탑승자의 차량사고에서 보호장구에 따른 손상 분석”, *대한외상학회지*, 제28권, 제3호, 2015, 98-103.
- 윤영한, 이재완, 전준호, 양재의, 이정선 “어린이 보호용 좌석의 고정 방식에 따른 탑승자 안전도 향상 방안 연구”, *한국자동차공학회 춘계학술대회논문집*, 2002, 692-697
- 정법권, 백상현, “IoT를 이용한 스마트 키즈 케어 시스템” *한국통신학회 학술대회논문집*, 2020, 717-718.
- 한국소비자보호원, “영유아 카시트 안전실태조사 보고서”, 2018.
- 한국소비자보호원, “자동차용 어린이보호장치 안전 실태조사 보고서”, 2019.
- Hall Effect, https://www.youtube.com/watch?iPU_pzrg4UE.
- Hall Effect, http://en.wikipedia.org/wiki/Hall_effect.

◆ About the Authors ◆



박 승 현 (qkrtdgjs12@naver.com)

창원대학교 정보통신공학과에서 학사학위를 취득하였다. 주요 관심 분야는 임베디드 시스템 및 IoT 시스템 설계, 모바일 어플리케이션 개발 등이다.



전 상 연 (tkd020464@gmail.com)

창원대학교 정보통신공학과에서 학사학위를 취득하였다. 주요 관심 분야는 WEB Server Develop, Database 등이다.



공 병 훈 (beonghun.gong@gmail.com)

창원대학교 정보통신공학과에서 학사학위를 취득하였다. 주요 관심 분야는 AI, 서버, 플랫폼 개발, 리눅스 등을 포함한다.



김 승 환 (albas0831@gmail.com)

창원대학교 정보통신공학과(학사) 졸업하였다. 주요 관심 분야는 AI, 빅데이터, Java 등이며, 현재 백엔드 개발자로 취업 준비중이다.

◆ About the Authors ◆



신 성 희 (roskfl14@naver.com)

대구대학교 심리학과(학사), 대구대학교 재활산업공학(석사) 학위를 취득하였으며, 현재 실버팩스 기업부설연구소에 재직 중이다. 주요 연구분야는 고령자를 위한 IoT 신제품 개발, ICT 기술을 적용한 유아용품 및 의료기기 등 신제품 개발, 통신 시스템을 활용한 어플리케이션 개발, 제품 고도화를 위한 IoT 시스템 개발, 제품 디자인 기구설계를 포함한다.



서 원 탁 (wontak123@naver.com)

부산대학교 나노메카트로닉스공학과 학사학위를 취득하였으며, 현재 실버팩스 기업부설연구소에 재직 중이다. 주요 연구분야는 고령자를 위한 IoT 신제품 개발, ICT 기술을 적용한 유아용품 및 의료기기 등 신제품 개발, 제품 고도화를 위한 IoT 시스템 개발, 기구설계, 기구 분석을 포함한다.



이 재 완 (silvfox@silverfoxi.com)

경상대학교 경영학과 학사학위를 취득하였다. 현재 실버팩스 대표로 유아용품 및 의료기기 제품의 신제품 개발 등의 총괄 업무를 담당하고 있으며, 최근에는 IoT/ICT와 융복합한 스마트한 유아용 유모차, 자동차 보호장비(카시트), 의료기기, 헬스케어 관련 제품 고도화 개발에 대한 연구개발 활동과 어린이제품안전협회 부회장, 경남 이노비즈 수석 등 제품 안전 및 국내 기업의 성장을 위한 활동을 진행하고 있다.



김 민 아 (kma@gntp.or.kr)

경남대학교 컴퓨터공학과(학사), 경남대학교 IT융합응용공학과(석사), 현재 경남테크노파크 정보산업진흥본부 연구원으로 KOLAS 소프트웨어 시험 분야 공인시험 실무자로 시험 업무를 담당하고 있으며, 주요 연구 분야는 IoT, 네트워크관리를 포함한다.



강 창 순 (cskang@changwon.ac.kr)

KAIST 전자전산학과에서 공학박사 학위를 취득하였다. 현재 국립창원대학교 정보통신공학과에서 정교수로 이동통신공학, 초고주파공학, 임베디드시스템 등의 강의를 담당하고 있으며, 주요 관심 분야는 이동통신, 사물인터넷(IoT), 컨넥티드카(connected car) 등이며, 현재 IoT 응용 시스템들을 개발하고 있다.