

# 좁은 주차장 환경에서 차량의 문콕사고 예방을 위한 도어 제어 시스템 설계

이현섭\*

백석대학교 컴퓨터공학부 교수

## A Design of Door Control System for Preventing Vehicle Collision Accidents in Tight Parking Lot Environments

Hyun-Seob Lee\*

Professor, Division of Computer Engineering, Baekseok University

**요약** 현대 사회에서 주차 공간 부족과 차량 밀집도가 증가함에 따라, 차량 도어 개폐 시 발생하는 문콕 사고가 빈번히 발생하고 있다. 이러한 사고는 차량 외관 손상뿐 아니라 차량 소유자 간의 갈등을 초래하며, 특히 도시 지역의 협소한 주차 공간에서 그 문제가 더욱 심각하게 나타난다. 이를 예방하기 위해 기존 법령에서는 주차장법 시행규칙을 통해 주차 공간 크기 기준을 확대하는 방안을 마련하였으나, 해당 규정은 신축 주차장에만 적용되어 기존 주차장에서는 여전히 문콕 사고 위험이 존재한다. 이에 본 연구는 주차장 크기와 관계없이 문콕 사고를 방지할 수 있는 차량 근접 인식 및 도어 제어 시스템을 설계 한다. 설계한 시스템은 차량 간의 거리를 정밀히 측정하고, 이를 기반으로 도어의 개폐 각도를 제어하여 문콕 사고를 예방하는 기능을 가지고 있다. 또한, 다양한 환경에서 설계된 시스템을 시뮬레이션할 수 있는 모형 차량을 이용하여 문콕 사고를 예방할 수 있는 효과를 입증하였다. 따라서 향후에는 본 연구를 통해 기존 주차장의 제약을 극복하며, 협소한 공간에서도 차량 간 충돌을 방지하는 해결방법을 기대한다.

**주제어** : 도어 제어 시스템, 모빌리티, 문콕 사고, 거리 인식 시스템, 사물인터넷

**Abstract** With the lack of parking spaces and the increasing density of vehicles in the modern world, door collision accidents are becoming more common. These accidents not only damage the exterior of the vehicle, but also cause conflicts between vehicle owners, especially in narrow parking spaces in urban areas. To prevent such accidents, existing laws have provided measures to expand parking space size standards through the Enforcement rules of the parking lot act, but these regulations only apply to new parking lots, and the risk of door collision accidents still exists in existing parking lots. Therefore, this study designs a vehicle proximity recognition and door control system that can prevent collision accidents regardless of the size of the parking lot. The designed system has the function of precisely measuring the distance between vehicles and controlling the opening and closing angle of the door based on the distance to prevent a collision accident. In addition, we demonstrated the effectiveness of the designed system in preventing door collision accidents by using a model vehicle that can simulate the designed system in various environments. Therefore, in the future, this research is expected to overcome the constraints of existing parking lots and provide a solution to prevent collisions between vehicles in narrow spaces.

**Key Words** : Door Control System, Mobility, Door Incident, Distance Recognition System, IoT

\*This paper was supported by 2025 Baekseok University Research Fund

\*교신저자 : 이현섭(hyunseob@bu.ac.kr)

접수일 2025년 01월 05일 수정일 2025년 02월 08일 심사완료일 2025년 02월 17일

## 1. 서론

현대 사회에서 자동차는 필수적인 교통수단으로 자리 잡고 있으며, 이에 따라 주차공간 부족과 차량 밀집도가 증가하고 있다[1-6]. 이러한 상황에서 자주 발생하는 문제 중 하나는 문콕 사고이다. 문콕 사고는 주차된 차량들 사이에 간격이 좁은 경우, 도어를 부주의하게 열어 옆 차량에 흠집이나 손상을 초래하는 사고를 의미한다. 이러한 사고는 차량 소유자 간의 갈등을 유발하고, 추가적인 수리 비용을 발생시킨다. 특히 도시 지역의 협소한 주차 공간에서 이러한 사고가 빈번하게 발생하며, 이를 예방하기 위한 효과적인 대책이 필요하다. 이러한 문제를 예방하기 위해 국토부에서 주차장법 시행규칙[7]을 제정하였다. 이 법은 문콕 사고 방지를 위해 일반형 주차장 폭을 최소 기준 2.5 X 5.0m로 늘리고, 확장형 주차장도 2.6 X 5.2m로 확대하는 시행규칙을 담고 있다. 그러나 이러한 규칙은 법령의 개정 이후 신축되는 주차장에만 적용된다. 따라서 기존 주차장의 환경에서는 문콕 사고 예방을 위한 방법이 필요하다.

본 연구에서는 주차장 크기와 관계없이 문콕 사고를 방지하기 위한 차량 근접 인식 및 도어 제어 시스템을 설계한다. 이 방법은 라이다 센서를 통해 옆 차와 거리를 인식하고 도어가 열리는 각도를 제어하여 옆 차와 문콕 사고가 발생하지 않도록 예방한다. 이를 위해 멀티 라이다를 통해 거리 측정하고 최대 도어 개폐 각도를 예측하는 시스템을 설계하였다. 이 시스템은 다양한 주차 각도에서 도어가 열리는 최대 각도와 오차를 측정하기 위해 다양한 실험을 통해 측정값을 보정하였다. 또한, 측정된 거리를 기반으로 도어의 개폐를 제어하는 힌지 스톱퍼 방식과 기어형 도어체커 방식을 설계하였다. 마지막으로, 다양한 실험을 통해 제안하는 시스템이 날씨와 시간에 관계 없이 문콕 사고 예방에 효과가 있음을 실험을 통해 증명하였다.

## 2. 배경

자동차의 보급이 증가함에 따라 주차 공간 부족 문제가 심화되고 있다. 이에 따라 차량 간 간격이 좁은 주차 환경이 일반화되었으며, 이 때문에 문콕 사고(자동차 문이 열리면서 인접 차량에 흠집이나 손상을 입히는 사고)의 발생 빈도가 증가하고 있습니다. 문콕 사고는 경미한 사고로 여겨질 수 있지만, 차량 소유자에게는 불필요한

수리비와 시간 손실을 유발하며, 이웃 간 갈등과 법적 분쟁으로 이어질 가능성이 있다. 보험사의 통계를 보면, 문콕 사고 때문에 청구되는 보험금은 매년 증가하고 있으며, 이는 보험료 상승의 원인 중 하나로 지목되고 있다[8].

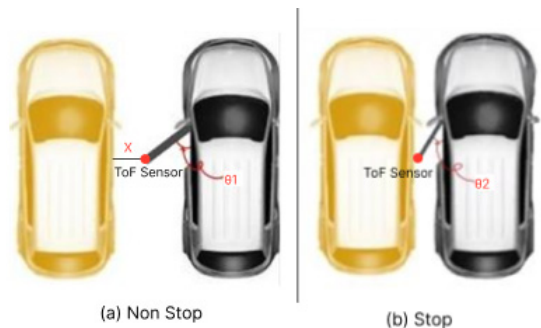
기존의 문콕 사고 방지를 위한 노력은 주로 물리적 보호 장치(예: 도어 가드)나 주차 공간 확장과 같은 수동적 접근에 집중되어 있다[9]. 그러나 이러한 방법은 기술적 한계와 비용 문제로 인해 완벽한 해결책이 되지 못하고 있다.

최근에는 IoT(사물인터넷), 센서 기술, 그리고 인공지능(AI) 기술을 활용하여 더 정교하고 효율적인 문콕 사고 방지 시스템 개발에 관심이 높아지고 있다. 이러한 기술은 차량 문이 열리는 각도와 주변 환경을 실시간으로 감지하여 사고 가능성을 예측하거나, 문이 열리는 과정을 제어할 수 있는 스마트 솔루션을 제공한다[10-13].

따라서 본 연구는 첨단 기술을 활용한 문콕 사고 방지 시스템의 필요성을 제기하며, 기존의 한계를 보완할 수 있는 혁신적인 방법론을 탐색하고자 한다. 이를 통해 안전하고 신뢰할 수 있는 주차 환경을 조성하고, 사용자 편의성을 증대시키는 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

## 3. 거리 기반 문콕 방지 시스템 설계

### 3.1 핵심 아이디어

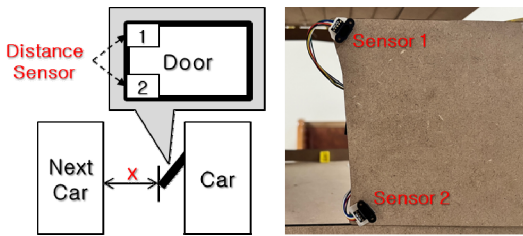


[Fig. 1] Key Idea

Fig. 1은 핵심 아이디어를 보여주고 있다. 제안하는 아이디어는 그림과 같이 옆 차와 거리를 측정하여 문이 열릴 수 있는 각도를 제어하는 것이다. 이를 위해 본 논문에서는 도어 거리 인식 시스템과 도어 개문 제어 시스템을 설계하였다. 설계된 도어 거리 인식 시스템은 도어를 개문할 때 옆 차와 거리를 실시간으로 측정하고 일정 거리 이하로 거리가 가까워질 때 도어 개문 제어 시스템

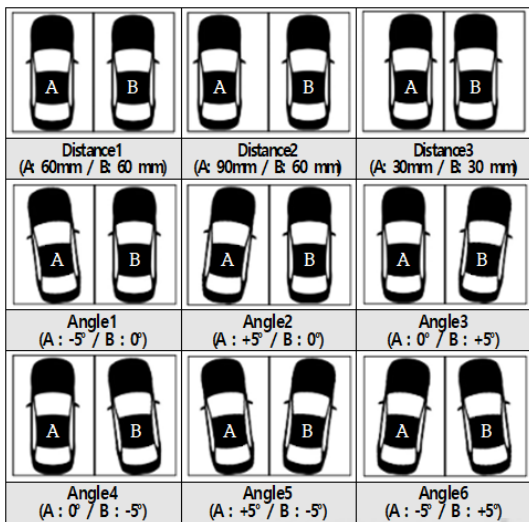
으로 신호를 보낸다. 도어 개문 제어 시스템은 신호를 전달받았을 때 도어가 열리지 않도록 문의 개문을 제어한다. Fig. 1의 (a)는 도어의 개문이 제어되지 않는 예제이다. 그림과 같이, 도어와 인식된 옆 차의 간격  $x$ 가 문콕이 발생하지 않는 거리일 때 도어 개문을 제어하지 않는다. 그러나 Fig. 1의 (b)와 같이,  $x$ 의 거리가 짧아져서 문콕 발생 가능성이 높아지면 도어 개문 제어 시스템은 설계된 도어캐처를 통해 도어 개문을 제어한다.

### 3.2 도어 거리 인식 시스템



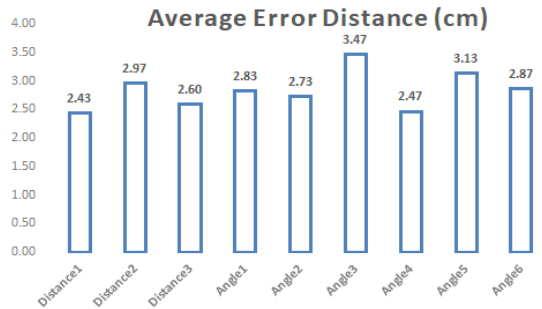
[Fig. 2] Distance Recognition System

Fig. 2는 도어 거리 인식 시스템의 설계를 보여주고 있다. 그림과 같이 거리 인식 시스템은 두 개의 소형 거리 인식 센서(ToF250 레이저 거리 측정 센서)를 사용한다. 거리 인식 센서는 도어의 상하 끝에 설치하였다. 그리고 도어를 열 때 문 끝에 부착된 센서를 통해 옆 차와의 거리를 측정한다. 옆 차와 문 끝 센서 사이 측정된 거리  $x$ 는 센서 1과 센서 2에서 측정된 거리 중 더 짧은 거리를 기준으로 차간 거리를 인식한다.



[Fig. 3] Distance Recognition System

Fig. 3은 도어 개문 과정에서 거리 인식 시스템과 실제 거리인  $x$ 간의 오차율을 측정하기 위한 실험환경 구성이다. 그림의 예제는 차량 모형을 약 1/10로 축소하여 구축한 환경에서 주차선과 차량 A/B의 거리를 각각 60/60mm, 90/60, 30/30mm로 주차한 환경과 60/60mm로 주차한 환경에서 차량 A와 B의 각도를 -5/0도, +5/0도, 0/+5도, 0/-5도, +5/-5도, -%/+5도로 조절한 환경이다.

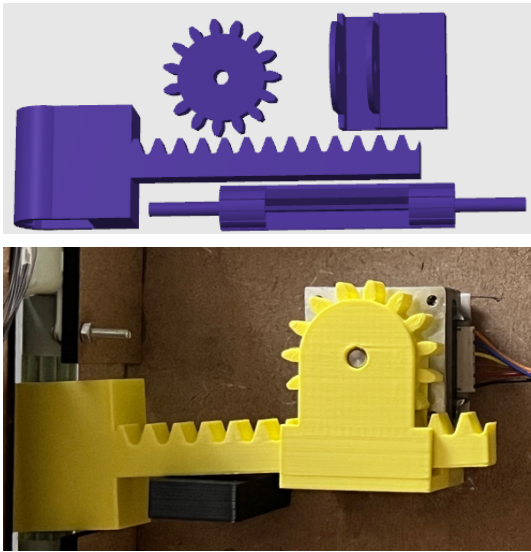


[Fig. 4] Average Error Distance between Cars

Fig. 4는 Fig. 3과 같이 차량 A와 B의 다양한 주차 환경에서 도어 개문으로 인해 측정된 차량 거리가 약 4cm, 5cm, 6cm일 때와 실측한 실제 거리  $x$ 사이 평균 오차 값을 보여주고 있다. 전체적으로 약 2.43cm에서 최대 3.47cm까지 오차가 있었고 거리 센서에서 측정된 거리 4cm에서 도어 끝과 옆 차와의 실제 거리 평균 오차는 2.92cm였다. 또한, 거리 센서 측정값 5cm에서 실제 거리 측정 결과의 평균 오차는 2.84cm였고, 6cm에서는 약 2.93cm였다. 따라서 도어 거리 인식 시스템에서 도어 제동을 위한 최소 거리는 4cm로 하였다.

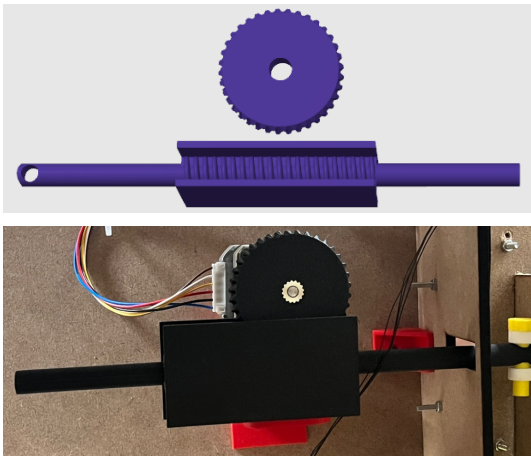
### 3.3 도어 개문 제어 시스템

도어 개문 제어 시스템은 거리 인식 시스템으로부터 차간 거리 근접으로 인한 신호가 왔을 때 차 문이 더 열리지 않도록 제어하는 시스템이다. 본 논문에서는 제어 시스템은 스테핑 모터와 기어를 이용하여 힌지 스톱퍼 방식과 기어형 도어체커 방식의 방법을 설계하였다. 힌지 스톱퍼 방식은 경첩 힌지의 회전축에 톱니를 부착하고 도어 내부에 스톱퍼를 삽입하였다. 그리고 도어 거리 인식 시스템으로부터 신호를 받았을 때 힌지를 제어한다. 기어형 도어체커[14] 방식은 일반적인 도어체커의 기어 제어 부분을 워셔프트[15] 형태의 워기어를 적용하여 도어를 제어하는 방식이다.



[Fig. 5] Hinge Control Stopper

Fig. 5는 실험용 모형 자동차에 힌지 스토퍼를 적용한 사진과 설계 모형이다. 이 방식은 도어 힌지에 기어와 모터를 직접 연결하여 도어를 제어하는 방식이다. 그리고 도어와 옆차의 거리가 근접하여 신호가 발생했을 때 힌지의 동작을 직접 제어하여 문 열림을 정지 시킨다.

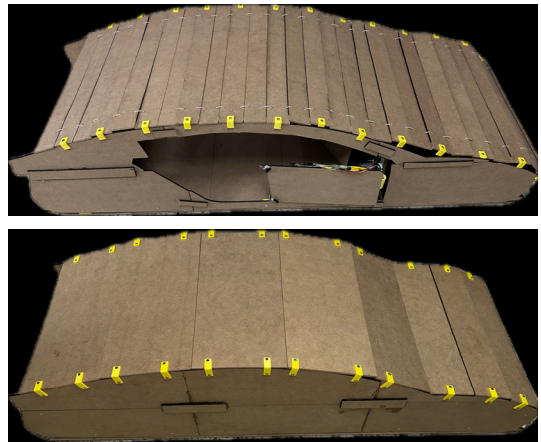


[Fig. 6] Door Checker Control based Stopper

Fig. 6은 실험용 모형 자동차에 도어 체커를 적용한 사진과 설계 모형이다. 이 방법은 차량 도어를 지탱하는 도어 체커에 워시프트 형태의 웜기어를 적용하였다. 그리고 도어 거리 인식 시스템으로부터 근접 신호가 왔을 때 기어를 통해 도어체커의 움직임을 정지시켜서 도어의 열림을 정지 시킨다.

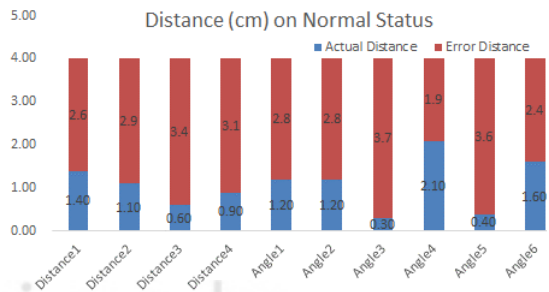
#### 4. 실험 및 평가

설계한 도어 제어 시스템의 문콕 사고 방지 효과를 확인하기 위해 실제 차량의 약 1/10의 모형 차량을 제작하였다. 또한, 도어의 모서리 상하 부분에 각각 소형 라이다를 장착하였고, 라이다를 통해 인식된 차간 거리 중 짧은 값을 기준으로 신호를 발생하는 도어 거리 인식 시스템을 아두이노 모듈을 이용하여 구현하였다. 그리고 스테핑 모터와 아두이노 모듈을 이용하여 거리 인식이 4cm 이하일 때 도어의 개문이 되지 않도록 제어하기 위한 도어 제어 시스템을 제작하였다.



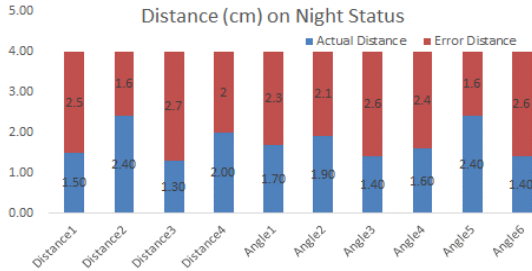
[Fig. 7] Simulation Model for Evaluation

Fig. 7은 실험을 위해 제작한 모형 차량이다. 실험용 차량의 좌측과 우측에 각각 힌지 스토퍼 방식과 도어 체커 방식의 스토퍼 제어 시스템을 설치하였다. 또한, 다양한 실험환경 구현을 위해 맑은 날씨의 일반적인 주간 환경, 빛이 차단된 야간 환경, 비가 내리는 환경, 안개가 낀 환경을 구현하였다. 또한, Fig. 3의 주차 환경에서 Distance4 (A: 90mm / B: 90mm)의 옵션을 추가하였다.



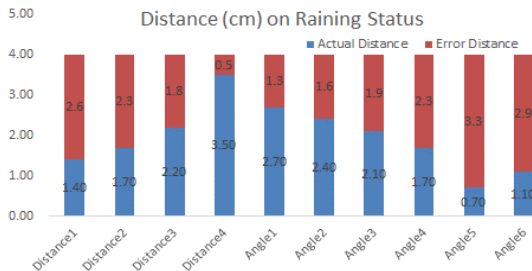
[Fig. 8] Distance on Normal Status

Fig. 8은 일반적인 주간 환경에서 4cm의 제동거리를 기준으로 도어 스톱퍼를 작동시킨 결과이다. 그림의 결과와 같이 4cm로 인지하고 제동을 걸었으나 실제 거리는 약 0.3cm에서 2.1cm 내에 제동되었고 거리 오차는 약 1.9cm에서 3.7cm였다. 오차가 가장 큰 구간은 Angle3로 차량 B의 주차 각도를 약 5도로 회전 주차된 상황이다.



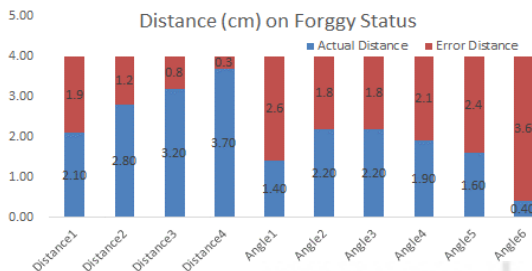
[Fig. 9] Distance on Night Status

Fig. 9는 야간 환경의 결과이다. 그림의 결과와 같이 실제 거리는 약 1.3cm에서 최대 2.4cm에서 제동이 있었고 오차는 약 1.6cm에서 2.7cm였다.



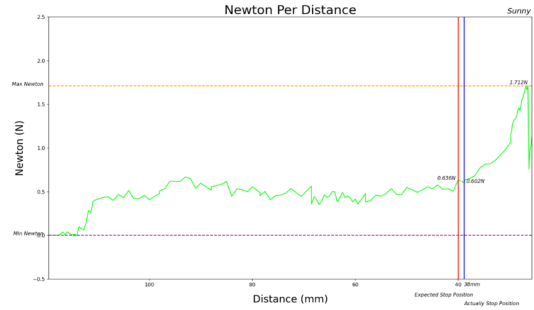
[Fig. 10] Distance on Raining Status

Fig. 10은 비가 오는 상황의 결과이다. 그림의 결과와 같이 도어가 제동이 된 실제 거리는 약 1.1cm에서 3.5cm였다. 그리고 오차는 0.5cm에서 최대 2.9cm였다.



[Fig. 11] Distance on Fogggy Status

Fig. 11은 안개 낀 상황의 결과이다. 그림의 결과와 같이 도어가 제동된 실제 거리는 약 0.4cm에서 최대 3.7cm였고 오차는 0.3cm에서 3.6cm였다. 실험의 결과와 같이 설계한 도어 제어 시스템은 모든 날씨의 실험 환경에서 옆 차와 충돌이 없는 것을 확인할 수 있었다.



[Fig. 12] Newton Per Distance

Fig. 12는 도어를 여는 과정에서 압력을 측정할 수 있는 포스게이지를 이용하여 거리 센서에 인식된 거리 (mm) 별로 도어에 가해지는 압력을 측정할 결과이다. 그림의 결과와 같이 도어를 열기 위해서는 약 0.6 뉴턴의 압력이 가해 져야 한다. 그리고 40mm에서 제어를 시작했을 때 약 2mm가 더 밀린 38mm에서 도어가 제어되었다. 이후 도어가 열리지 않도록 제어된 이후 압력이 더 증가하여 최대 1.712 뉴턴까지 압력이 올라갔다. 실험의 결과와 같이, 실제로 도어에 제어를 위한 명령이 전달되고 실제로 동력이 전달되기 까지 약 2mm의 오차가 있음을 확인할 수 있었다.

## 5. 결론

본 논문에서는 협소한 주차장에서 문콕 사고를 방지할 수 있는 차량 근접 인식 및 도어 제어 시스템을 제안하였다. 이 방법은 거리 센서를 통해 문 끝과 옆차의 거리가 일정 거리 이내일 때 도어가 열리지 않도록 제어하는 방법이다. 또한, 다양한 실험을 통하여 도어의 열림을 제어해야 하는 오차 범위를 측정하였고, 설계한 시스템이 외부 날씨와 관계없이 문콕 사고를 예방할 수 있는 효과를 입증하였다. 그러나 실험 과정에서 근접 센서에서 측정 한 거리와 실제 거리 사이의 오차와 차량 근접 인식 후 도어의 열림을 제어하기까지 시간적 오차가 있음을 확인 하였다. 이러한 오차와 실제 차량 도어의 하중을 견딜 수 있는 내구성 있는 장치 연구를 진행할 예정이다.

## REFERENCES

- [1] Newsen, [https://www.newsen.com/news\\_view.php?uid=2024\\_08231956396110](https://www.newsen.com/news_view.php?uid=2024_08231956396110).
- [2] News1, <https://www.news1.kr/society/general-society/5512187>.
- [3] Insight, <https://www.insight.co.kr/news/469850>.
- [4] The Kyunghyang Shinmun, <https://www.khan.co.kr/article/201508181030511>.
- [5] The Seoul Shinmun, [https://www.seoul.co.kr/news/society/accident/2024/05/28/20240528001007?wlog\\_tag3=naver](https://www.seoul.co.kr/news/society/accident/2024/05/28/20240528001007?wlog_tag3=naver).
- [6] The Segye Times, <https://www.segye.com/newsView/20240219512760?OutUrl=naver>.
- [7] Korea Ministry of Government Legislation, <https://law.go.kr/LSW//lsSc.do?section=&menuId=1&subMenuId=15&tabMenuId=81&eventGubun=060101&query=00498#undefined>.
- [8] Big Data Insurance Platfom, [https://bigin.kidi.or.kr:9443/boarddetail/nd00017\\_4744](https://bigin.kidi.or.kr:9443/boarddetail/nd00017_4744).
- [9] H.T.Krider, "Car-door guard," *United States Patent*, US590399A.
- [10] J.Chinthaguntla, S.R.Gummadi, G.Upputuri, J.Tulluri and N.Dharavath, "A Smart Anti-Collision System for Car Doors," *2023 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*, pp.1-5, 2023.
- [11] A.Sivasankar and K.U, "Vehicle Door Safety System," *2023 2nd International Conference on Computational Systems and Communication (ICCSC)*, pp.1-6, 2023.
- [12] D.J.Findley, T.S.Nye, E.Lattimore, G.Swain, S.K.P.Bhat and B.Foley, "Safety effects of parking maneuvers," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol.69, pp.301-310, 2020.
- [13] Z.Y.Zhung, K.C.Chen, Y.H.Yu and N.Kwok, "Chip-based Anti-collision System for Car Door Opening," *2019 4th International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE)*, pp.322-326, 2019.
- [14] S.W.Son and K.S.Kim, "Experimental Study on Optimization of Extractor Grille Area of Vehicle," *The Journal of The Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, Vol.23, No.8, pp.8-15, 2024.
- [15] R.Honkalas, B.Deshmukh and P.Pawar, "A Review on Design and Efficiency Improvement of Worm and Worm Wheel of a Gear Motor," *Journal of Physics: Conference Series*, Vol.1969, 2021.

이 현 섭(Hyun-Seob Lee)

[종신회원]



- 2013년 2월 : 한양대학교 컴퓨터 공학과 (공학 박사)
- 2012년 3월 ~ 2021년 2월 : 삼성 전자 책임연구원
- 2021년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 컴퓨터공학부 조교수

〈관심분야〉

인공지능, 저장시스템, 임베디드 시스템