

교통정보수집시스템의 성능평가 방법에 관한 연구

김장환*, 엄성용**, 김윤호***

A Study on the Performance Evaluation Method of Traffic Information Collection System

Jang-Hwan Kim*, Soung-Young Om**, and Yoon-Ho Kim***

요 약

본 연구는 ITS 시설 중에서 교통정보를 수집하기 위해 설치되어 운영중인 VDS(Vehicle Detection System) 설비를 평가할 수 있는 기존 장비는 최외곽 1개 차선만 평가가 가능한 문제점을 가지고 있으므로, 이를 개선하여 검지 효율 및 성능을 정밀하게 평가할 수 있는 새로운 'ITS 성능평가시스템'-'하드웨어 구성 방법'과 '검지 알고리즘'을 제시하였다. 또한, 제시된 하드웨어를 제작하고, 알고리즘을 검증할 수 있는 소프트웨어를 작성하여 최종적인 평가장비를 구현하였고, 현장에서 실증 실험을 수행하였다. 다수의 현장실험 결과, 기존 평가장비가 가지고 있던 다차로 평가측정의 한계점을 극복함으로써 제시된 시스템 하드웨어와 알고리즘으로 VDS 성능평가기준 최상급(95%) 이상의 성능을 검증하였다.

Abstract

This study presents a new 'ITS performance evaluation system' - 'hardware configuration method' and 'detection algorithm' that can precisely evaluate detection efficiency and performance by improving the existing equipment that can evaluate Vehicle Detection System (VDS) equipment installed and operated to collect traffic information among ITS facilities, which has a problem that it can only evaluate one outermost lane. In addition, the proposed hardware was manufactured, software that can verify the algorithm was written, and the final evaluation equipment was implemented, and a field demonstration experiment was performed. As a result of numerous field experiments, the proposed system hardware and algorithm were verified to have the highest level (95%) or higher performance in the VDS performance evaluation criteria by overcoming the limitations of the existing evaluation equipment in multi-lane evaluation measurements.

Keywords

multi-Lane traffic information, laser sensor, standard measuring system, VDS, ITS

* 목원대학교 일반대학원 IT공학과 박사과정
- ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5999-6508>
** (주)보고텍 연구소장
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4165-2905>
*** 목원대학교 컴퓨터공학과 교수(교신저자)
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5739-953x>

· Received: May 14, 2025, Revised: Aug. 09, 2025, Accepted: Aug. 12, 2025
· Corresponding Author: Yoon-Ho Kim
Division of Convergence Computer @ Media, Mokwon University,
88, Doanbuk-ro Seo-gu, Daejeon, 35349, Korea
Tel.: +82-42-829-7633, Email: yhkim@mokwon.ac.kr

1. 서 론

1992년 한국도로공사가 국내 최초로 지능형교통체계(ITS, Intelligent Transport System) 구축을 시작으로, 최근에는 고속도로 전 구간과 국도, 지자체 관리 도로까지 확장 구축되어 전국 도로의 실시간 교통정보를 제공하는 서비스를 시행하고 있다[1]-[3].

이에, 2005년 8월 정부는 “ITS 업무 요령”을 제정하여 ITS 설비가 갖추어야 할 일정 수준 이상의 성능 요구조건을 제시하였고, 2006년 5월에는 이에 대한 세부 기준으로 “자동차·도로교통분야 ITS 성능평가 요령”을 공포하였다[4].

한국도로공사의 ITS 성능평가는 2007년도 말 고속도로 준공노선의 시범평가 시행으로 시작되었으며, 2008년도에는 국토해양부로부터 ITS 성능평가 대행기관으로 지정(2008.01)받아 고속도로, 국도, 민자구간을 대상으로 본격적으로 성능평가를 시행하게 되었다. 이에 따라 관련 연구기관과 업계에서는 교통정보 측정기술 개발과 ITS 설비에 대한 품질관리 체계 구축에 지속적인 노력을 하였으며, 성능평가 결과의 피드백은 국내 ITS 발전에 크게 기여하였다 [5][6].

하지만, 지금까지 국내에서 개발된 성능평가를 위한 레이저 기준 장비는 제일 바깥 차로만 실제 교통량 및 속도 평가가 가능하며, 이외의 차로는 육안으로 교통량만 분석하는 방식으로 모든 차로를 동시에 평가할 수 없어 현장 장비의 전체성능평가에 불합리한 부분이 많이 있었다[7]-[9].

본 연구에서는 이와 같은 문제점을 해결하고, 교통량과 속도 정확도에 항목에 대해 최상급(95%이상)을 만족할 수 있는 평가 장비의 하드웨어 구성 방법과 검지 알고리즘을 제시하였으며, 이 방법을 적용한 ‘다차로 교통정보 평가 장치’를 제작하여 제시한 알고리즘을 검증하고자 한다.

II. 새로운 다차로 교통정보 평가장치의 제시

2.1 다차로 교통정보 검지 방법

기존의 ITS 성능평가를 위한 측정장비는 검지부

에 거리 레이저센서를 내장하고 있으며, 이 검지부는 삼각대위에 설치하여 그림 1과 같이 약 1.7m 높이에서 최 외곽차선에 차량이 통과할 시 차량의 몸체를 검지하게 된다. 거리측정용 레이저 센서를 이용하기 때문에 바깥쪽 안쪽의 차선까지 검지가 가능하나 2개의 차선에 차량이 동시에 통과하는 경우(중첩) 안쪽의 차량은 바깥쪽 차량에 가려지므로 검지할 수 없게 된다. 따라서 현재로서는 불가피하게 최 외곽 차선의 교통데이터(교통량, 속도)를 레이저 센서를 이용하여 검지하고 안 쪽 차선의 경우 검지부 상단에 설치 된 동영상 수집부(카메라)를 이용하여 촬영된 결과를 영상 분석하여 교통량 데이터로만 활용하고 있는 실정이다[10]-[13].

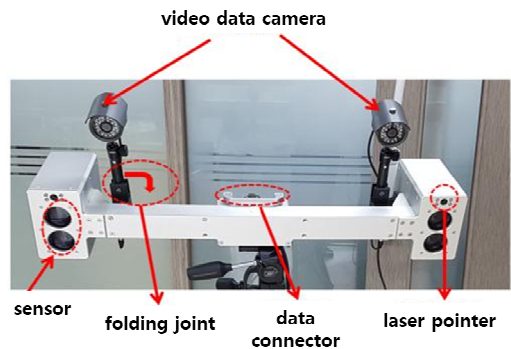


그림 1. ITS성능평가를 위한 기존 평가장치
Fig. 1. Conventional evaluation equipment for ITS performance evaluation

본 연구에서 구현하고자 하는 교통정보 평가장치는 다차로의 교통데이터를 수집하도록 하는 것이다. 하지만 기존의 차량의 몸체를 검지하는 방법은 빈번히 발생하는 중첩 현상으로 다차로 교통정보의 측정이 불가능하다. 이에 따라 본 연구팀은 그림 2와 같이 차량의 몸체가 아닌 타이어 부분을 검지 대상으로 하는 새로운 측정방법을 제시하였다.

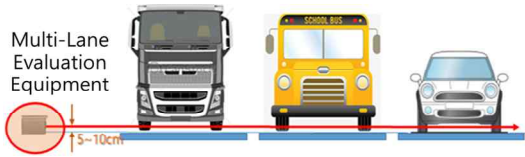


그림 2. 레이저센서 기반 다차로 교통정보 검지 방법
Fig. 2. Laser sensor-based multi-lane traffic information detection method

레이저 센서는 고속 거리측정용 센서 2개를 사용하고 노면에서 5~10cm 높이로 측정하도록 그림 3과 같이 다차로 교통정보 평가장치를 제작하였다.



그림 3. 실제 구현된 센서장치 사진
Fig. 3. Picture of the sensor unit after implementation

2.2 다차로 교통정보 생성 알고리즘

2개 레이저 센서를 이용하여 다차로의 차량을 검지하는 알고리즘은 다음과 같다.

2.2.1 주행차로 판단

장비에서부터 차량의 바퀴 검지 거리를 기준으로 주행 차로를 판단한다. 예를 들면 차선 폭을 3.5m라 가정할 경우(검지기 거리 0.5m가정) 4m이내 구간은 4차로, 4~7.5m 구간 3차로, 7.5m~11m구간 2차로, 11m~14.5m 구간은 1차로로 간주한다.

2.2.2 검지신호의 분석

검지신호는 그림 4와 같이 펄스형태의 거리 데이터로 나타나게 되며 레이저센서부터 검지된 타이어까지의 거리가 세로축이고, 가로축은 시간이다. 막대처럼 나타난 펄스는 각각 차량의 앞, 뒤 타이어를 검지한 것이며 검지기로부터 먼 거리의 타이어를 검지할수록 펄스의 세로 길이는 길게 나타난다.

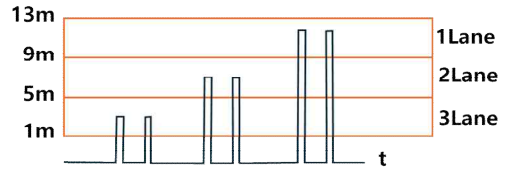


그림 4. 차로별 주행차량 타이어 검지 펄스
Fig. 4. Tire detection pulses for driving vehicles by lane

2.2.3 차량검지 처리 순서도

장비는 타이어 검지 거리를 기준으로 각 타이어의 주행 차로를 판단하고, 그림 5와 같은 순서로 앞/뒤 타이어를 매칭하여 차량을 구분한다. 2축 차량의 경우, 진입 센서에서 앞타이어가 먼저 검지되고, 이어서 진출 센서에서 앞타이어가 검지된다. 이후 진입 센서에서 뒷타이어가, 마지막으로 진출 센서에서 뒷타이어가 검지되는 순서로 진행된다. 3축 이상의 차량은 축간거리를 기준으로 구분하여 차량 정보를 생성한다.

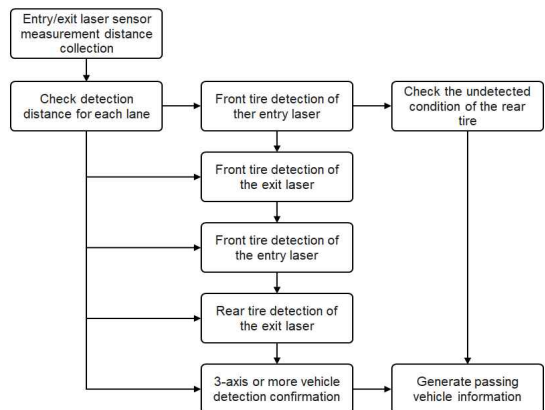


그림 5. 차량검지처리 순서도
Fig. 5. Flow-chart for detecting the vehicle

2.2.4 차량의 주행속도

2개의 레이저 검지기(진입센서, 진출센서)가 설치되어 있으므로 레이저 검지기 간 거리, 타이어 검지 시간(레이저 센서를 통과할 때의 진입 및 진출 시간차)을 이용하여 식 (1)로 차량의 주행속도를 산출한다. 그림 6은 진입 및 진출 레이저 센서가 검지한 차량의 타이어 측정 거리데이터를 그래프 형태로 표현한 것이다.

$$\text{주행속도}(v) = \frac{\text{거리}(l)}{\text{시간}(s)} \quad (1)$$

l = 레이저 센서 간 거리
 s = |진입센서 검지시간 - 진출센서 검지시간|

2.2.5 차량의 축간 거리

산출된 주행속도를 이용하여 식 (2)와 같이 1축과 2축의 축 간 거리를 계산한다.

$$\text{축간거리}(l_2) = \text{시간}(s_2) \times \text{주행속도}(v) \quad (2)$$

$s_2 = |1\text{축 진입시간} - 2\text{축 진입시간}|$
 또는 $s_2 = |1\text{축 진출시간} - 2\text{축 진출시간}|$

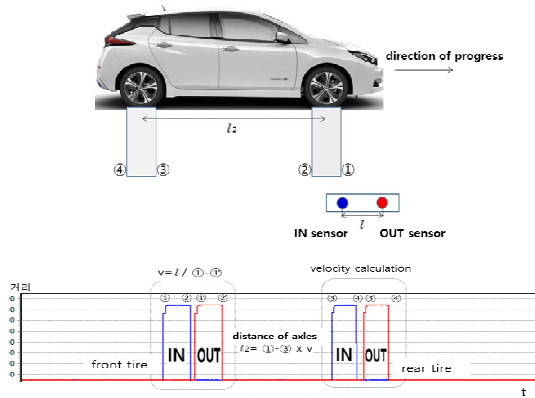


그림 6. 레이저센서의 타이어검지 데이터 기반 속도산출
 Fig. 6. Method of calculating speed based on data from a laser sensor that detects a tire

2.2.6 3축이상 차량의 판단

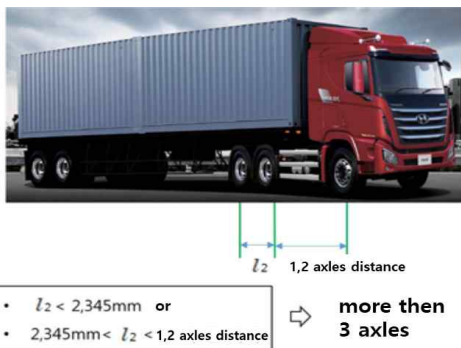


그림 7. 3축 이상 차량의 판단
 Fig. 7. Identification of vehicles with more than three axles

그림 7에서와 같이 산출된 축 간 거리가 경차의

축 간 거리(2,345mm) 보다 작을 경우 3축 이상의 차량으로 판단한다. 산출된 축 간 거리가 경차의 축간 거리보다 크지만 1축-2축 간 거리보다 작을 경우에도 3축 이상의 차량으로 판단한다. 3축 이상 차량이 아닌 경우 2축 차량으로 판단한다.

III. 구현된 평가장비의 검증 시험

3.1 실제 도로에서의 검증 평가 수행

구현된 ITS 성능평가 장비는 호남지선의 39.7k지점에서 기존 평가장비와 동시에 시험하는 방법으로 검증하였다. 동일 위치에 기존의 표준평가 장비를 설치하고, 최외각 차로를 통과하는 차량에 대해 교통량과 속도를 비교 분석하였다. 그림 8과 그림 9은 검증시험하는 현장의 사진이다.

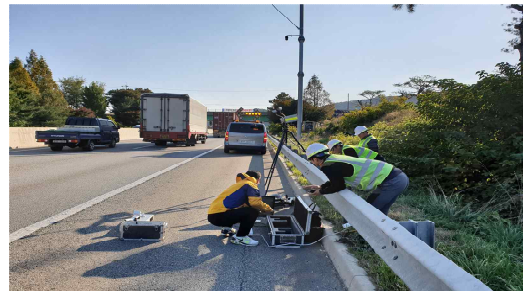


그림 8. 평가장비 검증 시험 현장
 Fig. 8. Picture of test sites for verification of evaluation equipment



그림 9. 평가장비 설치 사진
 Fig. 9. Picture of the evaluation equipment installed

3.2 시험결과 및 분석

구현된 평가장비로 시험한 결과는 표 1과 같다.

실제 통과차량 대비 3대를 미검지하여 차량 검지율 99.49%를 달성하였다.

표 1. 교통량 검지율 결과

Table 1. Results of traffic detection rate

Division	Total vehicles passed	Vehicles detected	Not detected	Detection rate
Traffic	385	382	3	99.49%

미검지된 차량을 분석해보니 1대는 그림 10과 같이 타이어의 휠부분 공간에 의해서 분리된 신호가 발생하여 미 검지 된 경우였고 2대는 타이어 중첩에 의해 미 검지 된 것으로 확인되었다. 휠부분 에러는 실증시험 이후 노이즈 제거용 파라미터 조정으로 보완이 가능하였다.

타이어 중첩의 경우 2차선 타이어에 가려서 1차선의 앞 타이어 혹은 뒤 타이어 1개만 검지되어 미 검지 처리되었다. 하지만 이 경우에도 분석 프로그램을 보완한다면 진입, 진출 레이저 센서에 의해 1개의 타이어 검지만으로도 충분히 교통량, 속도 산출이 가능할 것으로 예상된다.

표 2. 구현된 평가장비 검증시험 결과

Table 2. Verification test result of implemented evaluation equipment

Index	Period		Traffic		
	Start	Stop	PODEs	VDS	MAPE (%)
1	17:03:01	17:08:00	104	103	0.96
2	17:08:01	17:13:00	127	126	0.79
3	17:13:01	17:18:00	117	112	4.27
4	17:18:01	17:13:00	37	36	2.70
Result					97.82%

표 3. 구현된 평가장비 검증시험 결과

Table 3. Verification test result of implemented evaluation equipment

Index	Period		Speed		
	Start	Stop	PODEs	VDS	MAPE (%)
1	17:03:01	17:08:00	86.508	86.407	0.12
2	17:08:01	17:13:00	88.290	89.190	1.02
3	17:13:01	17:18:00	88.980	88.633	0.39
4	17:18:01	17:13:00	85.073	84.638	0.51
Result					99.49%

검증 시험장소에서 약 20분간 시험 평가한 결과를 분석하여 작성한 결과는 다음 표 2, 표 3과 같이 교통량 및 속도 각각 97.82% 및 99.49%로 우수한 결과를 나타내었다.

그림 11은 평가 장비가 측정한 교통정보를 분석하기 위해 제작한 프로그램이다. 타이어 검지방식을 수집한 데이터에서 개별차량 정보를 생성하고, 기존 VDS장비에서 검지된 교통정보를 비교하여, 교통량 및 속도 정확도를 비교하였다.

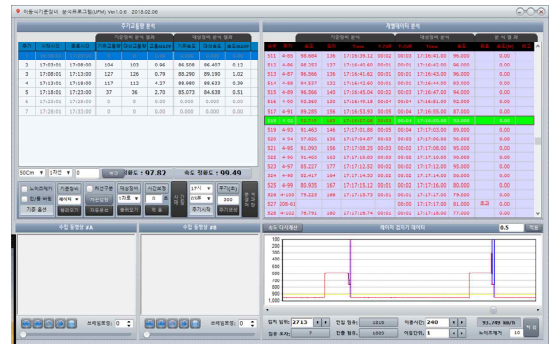


그림 11. ITS 성능 평가장비 속도 분석 프로그램 UI
Fig. 11. Speed analysis program UI of ITS performance evaluation equipment

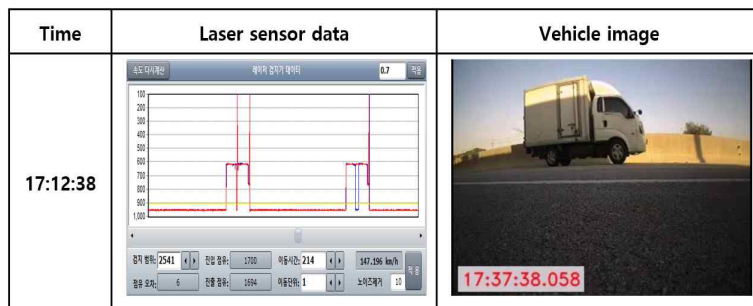


그림 10. 휠부분 에러 관련 측정 데이터 예
Fig. 10. Example of measurement data for wheel detection error

IV. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 ITS 시설 중에서 교통정보를 수집하기 위해 설치되어 운영중인 VDS(Vehicle Detection System) 설비의 검지효율 및 성능을 정밀하게 평가할 수 있는 새로운 'ITS 성능평가시스템'을 제안하였다.

본 연구에서 새롭게 제안한 검지 방식과 알고리즘은 검증용 평가장비 구현에 실제 적용하였으며, 구현된 장비는 실증 평가를 통해 그 유효성이 입증되었다. 이로써 기존 ITS 평가장비의 제한성을 극복하고 더욱 효율적이고 안전한 새로운 평가장비를 제시하게 되었다.

또한 실제 업무에서 사용이 가능한 수준의 분석 프로그램도 함께 구현함으로써 실용 가능성을 더욱 구체화하였다.

향후 본 연구결과를 기반으로 소프트웨어를 보완하고 사용의 편의성을 강화하여 교통시설관리기관에서 ITS 설비의 성능 유지를 위한 평가장비로 활용하도록 하는 '제품개발 단계'와 '평가기관인증 단계'가 추진되어야 할 것이다.

References

- [1] S. J. Yoo, and P. J. Yong, "Development of Mobile Multi-lane Speed Enforcement System With a Laser Detector", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 32, No. 4, pp. 114-121, Aug. 2017. <https://doi.org/10.14346/JKOSOS.2017.32.4.114>.
- [2] J. H. Gu, J. S. Lee, J. Jang, J. S. Choi, W. K. Back, and H. D. Seo, "A Study of Measuring Vehicle Speed Using Double Laser Detection", IEIE Conference, Songdo, Incheon Korea,, Vol. 2006, No. 11, pp. 93-96, Dec. 2006.
- [3] M. Y. Lee, "A Basic Study on Traffic Information Collection Method Using Drone", Master's thesis, Chonnam National University, Feb. 2019.
- [4] ITS Performance Evaluation Guidelines for the Automobile and Road Traffic Sectors, <https://www.law.go.kr/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000191820>. [accessed: Jul. 24, 2020]
- [5] Y. K. Kim, J. K. Choe, and J. G. Ki, "Implementation of the Embedded System using the Laser for Measurement of Vehicle Speed and Distance", Journal of IKEEE, Vol. 8, No. 1, pp. 108-116, Jul. 2004.
- [6] Y. M. Kim, J. H. Rheu, and D. H. Choi, "A Vehicle Speed Measurement System Implementation using a Stereo Camera and a License Plate Recognition Algorithm", Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 53, No. 7, pp. 78-84, Jul. 2016.
- [7] S. J. You, S. Y. Om, and J. Y. Park, "Multi lane standard system for vehicle detector's evaluation by Drone system", KITS 2018 Smart Mobility : New Horizon, pp. 210-221, Nov. 2018.
- [8] S. J. You and J. Y. Park, "A Study on Development of Mobile Multi-lane Speed Enforcement System With a Laser Detector", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 32, No. 4, pp. 114-121, Aug. 2017.
- [9] J. H. Park, Y. G. Seo, S. Y. Om, and Y. H. Kim, "Implementation of Drone System for Measuring Multilane Traffic Information based on Laser Sensor", Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol. 18, No. 12, pp. 113-119, Dec. 2020. <http://doi.org/10.14801/jkiit.2020.18.12.113>.
- [10] J. S. Kim and H. S. Kim, "The Construction Scheme of LASER Detectors for calculating Reference Data in ITS Certification", KITS Autumn Conference, Jeju, Korea, pp. 155-158, Apr. 2012.
- [11] W. Heo, N. C. Baik, and W. E. Kang, "Performance Evaluation of the Portable ITS Standard Devices for Inspection and Calibration and Case Study(s)", Journal of Korean Society of Transportation, Jeju, Korea, Vol. 2005, No. 10, pp. 14186-4193, Oct. 2005.
- [12] S.-Y. Cho and Y.-H. Yoon, "A Study on Radar Video Fusion Systems for Pedestrian and Vehicle Detection", JIIBC, Vol. 24, No. 1, pp.197-205, Feb. 2024. <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2024.24.1.197>.
- [13] S.-Y. Cho and J.-J. Kim, "Development of a Multi-disciplinary Video Identification System for

Autonomous Driving", JIIBC, Vol. 24, No. 1, pp.65-74, Feb. 2024. <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2024.24.1.65>.

저자소개

김 장 환 (Jang-Hwan Kim)



2001년 2월 : 청주대학교
전자정보통신반도체공학부(공학사)
2025년 8월 : 목원대학교
일반대학원 IT공학과(공학석사)
2025년 9월 ~ 현재 : 목원대학교
일반대학원 IT공학과 박사과정
2025년 5월 ~ 현재 : ㈜크리웨이브

이엔지 연구소장
관심분야 : 임베디드 시스템, AI 영상분석, 신호처리

엄 성 용 (Sung-Young Om)



1988년 2월 : 청주대학교 대학원
전자공학과(공학석사)
2012년 2월 : 연세대학교 대학원
정보공학(박사수료)
2015년 2월 : 세종대학교 대학원
항공우주공학과(박사수료)
2020년 8월 : 목원대학교 대학원

IT공학과(공학박사)

2023년 6월 ~ 현재 : ㈜보고텍 부회장/연구소장,
목원대학교 컴퓨터공학과 겸임교수, 과학기술교육진흥
협동조합 상임이사

관심분야 : 임베디드 시스템, 무인기 비행제어 시스템,
무인 이동체 통신 시스템/단말기, AI-Edge computer

김 윤 호 (Yoon-Ho Kim)



2012년 1월 ~2014년 12월 :
사회안전학회 회장
2017년 1월 ~ 2018년 12월 :
한국정보기술학회 회장
1992년 6월 ~ 현재 : 목원대학교
컴퓨터공학과 정교수(현),
입학취업처장(전), 공과대학장(전),

교학부총장(전)

2008년 1월 ~ 현재 : ISO/TC 292 Korea Delegate.

관심분야 : Image Processing, Computer Vision,
퍼지응용, IT 기반 재난안전망 설계.