

인공지능 기반의 자율형 교통정보 응용에 대한 연구

오암석*

A Study on Application of Autonomous Traffic Information Based on Artificial Intelligence

Am-Suk Oh*

*Professor, Department of Digital Media Engineering, Tongmyong University, Busan, 48520 Korea

요 약

본 연구는 교통정보를 수집하기 위한 검지기 와 돌발 상황 검지에 사용되는 다양한 알고리즘들의 분석을 통해 기존 교통정보 수집체계의 한계를 극복하여 심각도가 높은 2차 교통사고를 예방하고자 한다. 즉 본 연구는 2차 교통사고를 유발하는 돌발 상황과 기존 교통정보 수집체계를 분석하고 그에 알맞은 2차 교통사고의 선제적 예방이 가능한 솔루션 및 도로 전 구간에 대한 정확한 정보수집이 가능한 지능화된 새로운 교통정보 수집 및 전달체계를 제시한다. 실험결과 데이터 전송 신뢰도는 95% 기준 97%를, 데이터 전송 속도는 1000ms 기준 평균 209ms, 네트워크 장애복구 시간은 120sec 기준 50sec의 목표치를 달성하였다.

ABSTRACT

This study aims to prevent secondary traffic accidents with high severity by overcoming the limitations of existing traffic information collection systems through analysis of traffic information collection detectors and various algorithms used to detect unexpected situations. In other words, this study is meaningful present that analyzing the 'unexpected situation that causes secondary traffic accidents' and 'Existing traffic information collection system' accordingly presenting a solution that can preemptively prevent secondary traffic accidents, intelligent traffic information collection system that enables accurate information collection on all sections of the road. As a result of the experiment, the reliability of data transmission reached 97% based on 95%, the data transmission speed averaged 209ms based on 1000ms, and the network failover time achieved targets of 50sec based on 120sec.

키워드 : 검지기, 돌발 상황 검지 알고리즘, 교통정보 수집체계, 2차 교통사고, 예방

Keywords : Probe, Unexpected situation detection algorithm, Traffic information collection system, Second traffic accident, Prevention

Received 21 April 2022, Revised 22 April 2022, Accepted 25 April 2022

* Corresponding Author Am-Suk Oh(E-mail:asoh@tu.ac.kr, Tel:+82-51-629-1211)

Professor, Department of Digital Media Engineering, Tongmyong University, Busan, 48520 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2022.26.6.827>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

© 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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

도로상에서 발생하는 교통사고는 사회적·경제적 피해뿐만 아니라 인적·물적 피해까지 야기하는 부정적 영향을 초래한다. 도로교통공단에 따르면 2018년도 도로교통사고로 인한 인적피해비용은 약 49.8%로 12조 4,806억원, 물적피해비용은 약 44.2%인 11조 825억원, 사회기관비용이 약 6.1%인 1조 5,225억원으로 총 사회적 비용은 25조 856억원이며, 이는 GDP의 1.3%, 국가예산의 5.9% 수준이다.[1].

전국적으로 회전교차로 설치, 생활도로 지정, 도시부 속도 관리정책 등의 도로관련 안전 정책 및 시설물이 늘어나면서 2002년 대비 2018년 전체 교통사고 건수는 231,026건에서 217,148건으로 6%정도 감소하였으며 2015년부터는 전년대비 고속도로 사고율이 점차 감소 중이다. 고속도로의 경우 2002년 6,530건에서 (2018년) 4,079건으로 37.6%로 큰 감소를 이루었으며 고속도로 사망자의 경우 2002년 554명에서 2018년 252명으로 54.6% 감소하였다. 이는 정책 및 시설물의 설치가 교통사고 감소에 유의미한 효과로 나타난 것으로 보인다[2].

그에 반해 최근 5년간 고속도로 2차사고 사망자는 연평균 37명, 치사율도 52.7%로 일반 교통사고보다 약 6배 높은 수치이다. 이는 고속도로에서의 교통사고 발생 건수 및 사망자 수는 감소하는 추세를 보이고 있지만, 고속도로에서 발생하는 2차 교통사고로 인한 치사율은 높기 때문에 2차 교통사고는 사고 심각도가 높은 사고로 이어질 수 있다는 것을 의미한다[3].

고속도로에서의 2차 사고는 선행사고로 인한 피해에 2차적으로 추돌 또는 충돌이 더해져 그 피해규모는 한층 더 심각해지는데 이러한 선행사고를 뒤따르던 운전자가 사전에 회피하기 위해 설치된 시설물(vms)의 경우 지정된 구간에 설치되어 특정구간의 운전자에게만 사고정보를 전달하며 실시간 도로상황을 운전자에게 전달하지 못하는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 자율군집 네트워크를 활용한 IoT 가드레일 기반 교통흐름 및 교통사고 감지 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 체계적이고 신속하게 돌발 상황에 대한 정보를 운전자에게 전달하여 2차 사고를 예방한다면 교통사고 사망자 및 부상자를 줄이는 등 교통재난 현장의 상황 맞춤형 교통재난 정보 전달체계 개선에 큰 역할을 할 것이다.

본 논문의 구성은 2장에서 도로에서 발생하는 돌발 상황에 대한 교통사고 및 흐름을 검지하는 국내·외 선행 연구에 대해 고찰하였으며, 3장에서 본 연구에서 소개하는 시스템을 설계하고, 4장에서 구현결과에 대해 기술하였다. 마지막 5장에서 본 연구에서 도출된 결론 및 향후 연구과제에 대해 제시하였다.

II. 관련 연구

2.1. 교통정보 검지기

교통정보 수집체계는 크게 지점검지, 구간검지로 나뉘며 지점검지에는 매설형검지기, 비매설형검지기로 나뉘게 된다[4].

매설형검지기중 가장 많이 사용되는 루프검지기는 도로 위에 매설된 루프에 균일한 인덕턴스를 가진 교번 자장이 형성되며, 루프 위를 차량이 통과할 때의 인덕턴스 변화를 검지하는 방식이다. 수집정보로는 교통량, 존재시간, 속도, 점유율, 대기행렬길이 등이 있으며, 기본적인 교통 데이터를 쉽게 취득하며 주변 차선에 대한 간섭이 적다는 장점이 있는 반면 포장상태 변형에 따른 검지기의 성능저하 및 설치 시 교통흐름을 방해한다는 단점이 있다.

비매설형검지기에는 영상검지기가 많이 사용되고 있다. 영상검지기는 영상처리기술을 활용하는 것으로 기본적인 속도 산정 방법은 루프검지기와 유사하며, 교통량, 속도, 점유율, 대기행렬길이, 밀도, 차량군 속도 정보를 수집한다. 교통정보를 목적에 따라 다양하게 수집 가능하며 검지점 변경용이 및 다수 차로 검지가 가능하다. 그러나 급격한 환경변화 및 기상 적용, 실시간 영상자료 처리가 어렵고 조도변화, 교통상황, 잡음 등의 영향에 민감하다.

구간검지체계의 노변장치중 하나인 AVI(차량자동 인식시스템)는 카메라가 설치된 시·종점을 통과하는 차량의 번호판을 자동으로 인식하여 차량 매칭을 통해 교통정보제공에 필요한 구간통행시간과 통행속도를 산출하는 시스템이다. 구간단위 차량번호 매칭에 의해 산출되므로 통행시간을 단순/명료하고 정확하게 측정이 가능하지만 통행시간 추정의 시간 치밀 현상이 발생하며 샘플수가 적어 통계적 신뢰도 확보가 어렵다.

지점검지체계의 경우 해당지점의 교통상황을 잘 반

영하며 대량 표본 취득이 가능하지만 구간전체에 대해서는 교통정보가 부정확하며 구간정보로 전환하기 위한 자료처리 과정이 복잡하며 오차가 발생한다.

구감거지체계는 정상패턴 주행 시, 구간통행시간 및 속도정보의 정확성이 매우 높지만 간헐적 정보수집으로 정보 누락시간이 발생하며 일정시간 경과한 자료로써 실시간성이 미흡하고, 도로 상 특정 지점의 교통상황 반영이 어렵다.

2.2. 돌발 상황 검지 알고리즘

표 1은 돌발상황 알고리즘의 분류 및 특징을 나타낸다. 돌발상황 검지와 관련하여 기존의 연구에서는 패턴 인식, 불연속 현상을 설명하기 위해 비교기법[5], 통계적 기법, 교통류 모형기법, 인공지능 기법[6], 혼합기법 등의 방법을 기반으로 다양한 형태의 알고리즘들이 개발되었다.

Table. 1 Classification and Features of unexpected situations detection algorithm

Classification	Algorithm	Characteristic	
Comparison or pattern recognition algorithm	Califonia	Basic	Compare observations of traffic variables with preset thresholds
		Ver. #7	
		Ver. #8	
		APID	
	PATREG		
Monica			
Wave Analysis			
Statistical algorithm	Bayesian	Comparison of observations and predicted values using statistical methods	
	SND		
Time series and filtering algorithms	Time Series ARIMA	Comparison of errors between observations and predicted values by time series analysis	
	Exponential Smoothing		
	Low-pass Filter		
	Dutch		
Traffic model and theoretical algorithm	Dynamic	Analysis of unexpected situations by setting up a function formula that can analyze traffic conditions	
	McMaster		
Other algorithms	Neural Network	Unexpected detection without threshold setting	
	Fuzzy Set		

표 2는 국내 고속도로 교통관리시스템의 돌발상황 검지 알고리즘 구축 및 운영사례이다[7]. 많은 검지알고리즘 기법들이 있으나 실제 시스템으로 운영되어 활용되고 있는 알고리즘으로는 APID, DES, DELOS, McMaster 알고리즘 등이며 기타 알고리즘 기법들은 연구결과로만 발표되고 대부분 실제 운영되지 않는다.

Table. 2 Operation case of unexpected situations detection algorithm in Korea

Division	Construction and operation algorithm
Korea Highway Corporation Expressway Traffic Management System(FTMS)	APID, DES, DELOS, McMaster
Seoul City Expressway(FRMS)	McMaster

2.3. 기존 연구와의 차별성

돌발상황검지 관련 기존 연구들은 대부분 루프검지와 같은 지점검지기에서 수집한 교통정보를 바탕으로 돌발상황을 검지하는 방법에 대한 것으로 검지기가 설치된 지점에서만 사용되는 한계점을 가지고 있다[8].

본 연구에서는 지능형 IoT 가드레일을 설계하여 특정 지점이 아닌 도로구간 전체에 대한 돌발 상황 실시간 감지 및 교통흐름 등의 교통정보를 수집하고 각각의 IoT 가드레일이 외부 네트워크 연결 없이 자율적으로 군집형태를 이루면서 수집된 교통정보를 분석하며 도로상황 모니터링 시스템을 통해 분석한 도로상황을 운전자에게 현장경보 및 알람을 주는 2차 사고를 예방하기 위한 통합관제 시스템을 포함한다.

III. 시스템 설계

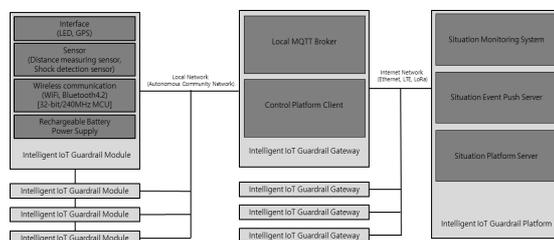


Fig. 1 Road risk situation recognition system

그림 1은 도로위험상황 인식 시스템의 구성도를 보여준다. 본 논문에서 제안하는 자율군집 네트워크를 활용한 IoT 가드레일 기반 교통흐름 및 교통사고 감지 시스템은 지능형 IoT 가드레일 모듈, 자율군집 네트워크, 도로상황모니터링 시스템으로 구성되어 있다.

지능형 IoT 가드레일 모듈은 도로상의 가드레일에 설치되어 돌발상황 감지에 필요한 데이터를 측정한다. 자율군집 네트워크는 각각의 IoT 가드레일 모듈이 자율적으로 군집형태를 이루면서 별도의 외부 네트워크 연결 없이 로컬 네트워크 구축만으로 운영 가능한 네트워크이다. 도로상황모니터링 시스템은 통합관제 기능을 제공한다.

3.1. IoT 가드레일 설계

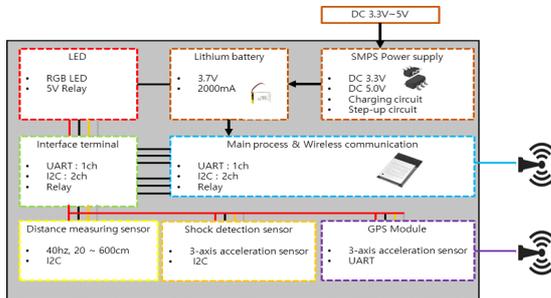


Fig. 2 Configuration of the Intelligent IoT guardrail module

그림 2는 지능형 IoT 가드레일 모듈의 구성을 보여준다. 지능형 IoT 가드레일 모듈은 메인 프로세서 및 무선통신부, 충격 감지 센서 모듈, 거리측정 센서 모듈, GPS 모듈, LED 모듈, 전원부로 구성되어 있다. 메인 프로세서의 경우 32-bit MCU와 와이파이, 블루투스 무선통신이 가능한 통신부를 내장하며, 3축 가속도 센서를 충격 감지 센서로 사용하여 일반적인 디지털 방식의 충격 감지 방식이 아닌 충격 강도를 수치화하여 직접충격, 간접충격, 충격 거리 예측 등의 다양한 상황 분류를 할 수 있다. 또한, 레이저 거리측정 센서 모듈을 사용하여 2차선 도로 폭(최소 550cm)의 측정이 가능하며, GPS 모듈을 사용하여 10m 설치 간격 사이의 사고지점을 인식한다. 전원부의 경우 외부 전원을 우선으로 인가하거나 필요에 따라 1W 이상의 태양광 자가발전 구동이 가능한 형태로 구동하며, 전원부에 필요한 SMPS를 설계하고 리튬 배터리를 사용하여 자가 발전형 전원공급 상황을 고려하여 충전 회로와 3.7V 2000mAh급 충전 배터리를 구성하여 안정성을 높였다.

3.2. 도로상황 모니터링 시스템 설계

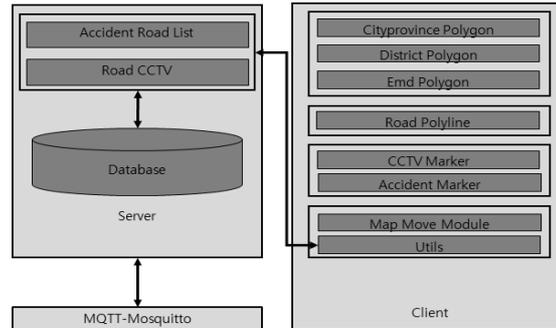


Fig. 3 Configuration of situation monitoring system

그림 3은 도로상황 모니터링 시스템 구성도를 보여준다. 도로 상황모니터링 시스템은 웹 애플리케이션으로 클라이언트에는 React 라이브러리, 데이터베이스는 MySQL, 서버는 Nodejs를 사용하였다.

클라이언트는 지도 사고이벤트 기능, 사고정보 리스트 표시 기능으로 구성되어 있다. 사고이벤트 기능은 Naver Map Api를 사용하여 생성한 지도에 행정구역 데이터, 도로 데이터, 사고 데이터 및 주변 CCTV 영상 데이터를 지도에서 제공하는 폴리곤, 폴리라인, 마커 기능을 사용하여 시각적으로 나타낸다. 사고정보 리스트 표시 기능은 사고 발생 시 사고정보를 시간별로 정렬하여 리스트 형식으로 표시한다.

데이터베이스에는 GIS 데이터인 전국의 행정동 지역 데이터, 도로 데이터 및 지능형 IoT 가드레일에 대한 가드레일 데이터, 사고 데이터를 저장한다.

서버는 지능형 IoT 가드레일 모듈의 사고 이벤트 발생 시 MQTT 프로토콜의 구독 및 발행을 이용하여 모듈로부터 사고 데이터를 가져오고 해당 데이터와 사고 이벤트가 일어난 행정구역 및 도로 데이터를 클라이언트에 전달한다.

3.3. 자율군집 네트워크 설계

그림 4는 자율군집 네트워크 개념도를 나타낸다. 자율군집 네트워크는 네트워크 그룹생성 및 네트워크 그룹 갱신 기능이 있다. 네트워크 그룹생성 기능은 가드레일에 부착된 무선통신(Zigbee) 모듈을 통한 인접한 가드레일 간의 네트워크 그룹을 형성하며 그룹 요소 간의 상호 정보 교환이 가능하다. 네트워크 그룹 갱신 기능은 신호 세기(거리)를 기준으로 인접 모듈에 대한 Step을

구분하며 지속적인 상호 교환을 통한 모듈의 추가/제거 상황에 따른 네트워크 그룹을 갱신한다.

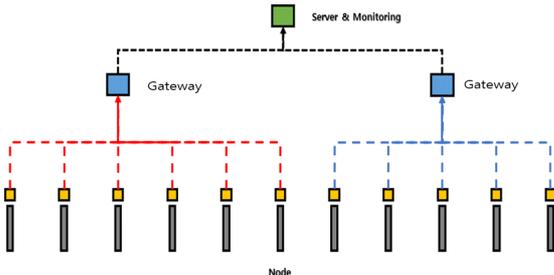


Fig. 4 Autonomous community network

IV. 구현 결과

그림 5는 IoT 가드레일 모듈과 지주캡 형태의 하우징을 제작하여 조립한 결과이다. 하우징 외부에는 태양광 패널, LED, 거리감지 센서가 구성되어 있다.



Fig. 5 IoT guardrail

교통흐름 인지 기술은 차량 통과시간, 차량 정지 인지 횟수, 차량 충돌 상태정보를 기반으로 한다.

가드레일에 부착된 IoT 모듈의 레이저 센서를 통해 차량 통과시간과 차량정지 인지횟수를 측정하며, MPU 가속도 센서를 통해 차량 충돌여부를 측정한다. 축적된 차량통과 시간 기반의 교통흐름을 판단하며, 차량정지 인지횟수와 차량충돌 상태정보를 기반으로 사고 상황을 판단한다.

차량흐름 보정 가중치는 축적된 10개의 차량 통과시간에 대한 교통흐름 도출/판단의 신뢰성 향상을 위한 가중치로써, 레이전 센서 또는 통신오류에 따라 발생할 수 있는 노이즈에 대한 차량 통과시간의 오차를 완화/보완 하기 위해 활용한다.

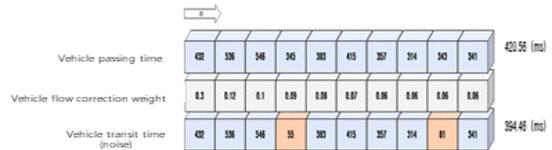


Fig. 6 Noise for vehicle passing time

그림 6은 차량 통과 시간에 대한 노이즈 개념도이다. 차량 통과시간 배열에서 4번째, 9번째 인덱스의 측정시간에 노이즈가 발생하였을 경우, 차량흐름 보정 가중치에 따른 수치보완을 통해 실제 상황과의 오차 범위 감소가 가능하다. 자율군집 네트워크 구축 기술은 가드레일 간의 네트워크 그룹 형성, 형성 그룹 요소 간의 상호 정보교환, 네트워크 그룹 갱신 기능으로 구성된다.

No	Address	Signal strength	Average signal strength	Count of reception
12	642C	70	70	98
8	6430	57	59	98
11	6416	62	64	98
14	645E	77	78	73
16	6429	83	84	46
13	6431	76	79	84
5	6466	74	75	91
4	642A	0	90	29
15	64EE	77	77	88
7	63E2	68	71	98
6	6500	72	73	96
10	6427	55	56	97
3	6425	0	91	34
2	6426	85	88	40

Fig. 7 Network signal strength and Reception count by module

그림 7은 모듈별 네트워크 신호세기 및 수신횟수를 나타낸다. 각 무선통신 모듈에서는 인접한 통신 모듈을 대상으로 일정 간격으로 지속적인 메시지를 전송하며 인접 통신 모듈로부터 메시지 수신 시 해당 모듈의 주소 정보를 기준으로 신호세기 및 수신 횟수를 버퍼에 저장한다.

No	Address	Signal strength	Average signal strength	Count of reception	Reception gap
12	642C	70	70	98	
8	6430	57	59	98	0
11	6416	62	64	98	0
7	63E2	68	71	98	0
10	6427	55	56	97	1
6	6500	72	73	96	1
5	6466	74	75	91	5
15	64EE	77	77	88	3
13	6431	76	79	84	4
14	645E	77	78	73	9
16	6429	83	84	46	27
2	6426	85	88	40	6
3	6425	0	91	34	6
4	642A	0	90	29	5

Fig. 8 1st filtering of communication module of unstable signal

그림 8은 불안정한 신호의 통신 모듈 1차 필터링을 나타낸다. 버퍼의 특정 통신 모듈의 수신횟수가 지정횟수에 도달하면 버퍼에 저장된 정보를 수신횟수 기준으로 내림차순하며 각 통신 모듈의 수신횟수에 대한 최대 오차가 발생하는 인덱스를 기준으로 불안정한 신호의 통신 모듈을 제거한다.

No	Address	Signal strength	Count of reception	
10	6427	55	97	Step 1
8	6430	57	98	
11	6416	62	98	Step 2
7	63E2	68	98	
12	642C	70	98	Step 3
6	6500	72	96	
5	6466	74	91	Step 4
13	6431	76	84	
-15	64EE	77	88	
-14	645E	77	73	

Fig. 9 STEP classification and network group creation

그림 9는 Step 구분 및 인접 통신에 대한 네트워크 그룹 생성을 나타낸다. 안정된 신호의 통신 모듈에 대한 평균 신호세기(RSSI) 기준으로 오름차순 후 상위 통신 모듈의 신호세기 변화폭 확인 및 Step 구분을 위한 기준으로 설정하며 하위 통신 모듈의 신호세기가 기준치보다 낮거나 같으면 동일한 Step으로 반면 신호세기의 변화가 기준치보다 높으면 다음 Step으로 판단하며, 통신 모듈의 불안정한 신호세기가 검출될 때까지 인접 통신에 대한 네트워크 그룹을 생성한다.

V. 결론

기존 교통정보 감지기는 고속도로상의 2차 사고를 유발하는 돌발상황을 감지하는데 도로 전체구간 감지를 하지 못한다는 한계를 가지고 있다. 이를 해결하기 위하여 자율군집 네트워크를 활용한 IoT 가드레일 기반 교통흐름 및 교통사고 감지 시스템을 제안한다. 이를 위해 지능형 가드레일 모듈, 상황 모니터링 시스템 및 자율군집 무선 네트워크를 설계 및 구현하였다. 교통흐름 감지 시스템을 검증하기 위해 데이터 전송 시간, 데이터 전송 신뢰도, 네트워크 장애 복구 시간으로 총 3가지 성능시험을 진행하였다. 먼저 전송 메시지 손실률 시험을 진행하여 10개의 노드에 대한 1000회의 전송 테스트를

통해 평균 97%의 데이터 전송 신뢰도를 보였고, 동일 그룹에 속한 노드 간 데이터 전송 시간, 다른 그룹에 속한 IoT 센서 디바이스와의 데이터 전송 시간 측정시험을 100회씩 30번 반복하여 목표치 1000ms 기준 평균값 209ms 수치로 시험을 만족하였다. 마지막으로 네트워크 장애 복구 시간을 측정하기 위하여 임의의 복수개의 가드레일 노드를 제거한 네트워크 그룹의 정보 갱신 소요시간을 측정하는 시험을 진행하였다. 네트워크 장애 복구 시간의 경우 목표치 120sec 기준 50sec로 시험을 만족하였다. 이를 통해 신뢰도 높은 네트워크 구축 및 상황인지가 가능할 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGEMENT

This Research was supported by the Tongmyong University Research Grants 2021(2021A032).

References

- [1] J. K. Kim, R. Seo, J. Gim, G. Yu, Y. Gim, D. Hwang, D. Gim, H. Bak, "Estimation and evaluation of road traffic accident costs in 2018 [2019 edition]" Korea Road Traffic Authority, Safety headquarters traffic accident comprehensive analysis center, Statistical Report 2019-0237-053, 2019.
- [2] Traffic Accident Analysis System(TAAS). Traffic accident detailed statistics [Internet], accessed Jun 23.2020. Available: http://taas.koroad.or.kr/web/shp/sbm/initUnityAnalsSys.do?menuId=WEB_KMP_OVT_UAS.
- [3] Korea Road Traffic Authority. (2018, April). Power to prevent secondary highway accidents, first evacuate. [Press Release]. last modified Apr 17.2018, accessed Jun 23.2020. Available: <http://www.ex.co.kr/site/com/pageProcess.do?oneDpMnNo=100500000&selDpPgNm=menu%3D100501020&selDpMnNo=100501020¶mStr=&detailTp=&dirNm=portal&kwd=>.
- [4] E. J. Kim, S. G. Kwak, K. S. Bae, and Y. J. An, "Research on Traffic Information Management System data quality diagnosis and evaluation system construction," Korea Road Traffic Authority, Traffic Science Researcher, Research Report 2014-0115-103, 2014.
- [5] H. J. Payne and S. C. Tignor, "Freeway Incident-Detection Algorithms Based on Decision Trees with States," in

- Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, no. 682, pp. 30-37, 1978.
- [6] Y. S. Jeong, M. Castro-Neto, M. K. Jeong & L. Han, "A Wavelet-Based Freeway Incident Detection Algorithm with Adapting Threshold Parameters," *Transportation Research Part C*, vol.19, no.1, pp. 1-19, 2011.
- [7] Y. K. Ki, J. W. Choi, Y. J. An, Y. J. Kim, "Research on the improvement of traffic information quality at the Central Traffic Information Center," Korea Road Traffic Authority, Traffic Science Researcher, Research Report 2014-0106-104, 2014.
- [8] Y. K. Ki, "A Traffic Incident Detection Model Using Artificial Neural Networks," *Journal of Next-generation Convergence Technology Association*, vol. 4, no. 1, pp. 47-54, Feb. 2020.



오암석(Am-Suk Oh)

1997년 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사

1987년~1990년: LG연구소 연구원

현재: 동명대학교 디지털미디어공학부 교수

※관심분야: 데이터베이스, 빅데이터, 사물인터넷, 헬스케어시스템, 의료정보시스템