

그룹형 Zigbee Mesh 네트워크 기반 교통상황인지 시스템에 관한 연구

임지용¹ · 오암석^{2*}

A Study on Traffic Situation Recognition System Based on Group Type Zigbee Mesh Network

Ji-Yong Lim¹ · Am-Suk Oh^{2*}

¹Ph.D student, Department of Media Engineering, Tong-Myoung University, Busan, 48520 Korea

^{2*}Professor, Department of Digital Media Engineering, Tongmyong University, Busan, 48520 Korea

요약

C-ITS는 차량, 도로 인프라, 운전자, 보행자 등 구성요소 간 교통정보를 수집·관리·제공함으로써 교통 이용 편의, 교통안전을 제고 할 수 있는 지능형교통시스템이다. 국내에서는 C-ITS 사업을 통해 도로인프라가 국내 전역에 구축되고, 실시간 교통정보 제공, 버스운행 관리 등 다양한 서비스가 제공되고 있다. 그러나 현재 도로상황 인지·전파 등을 통한 교통안전 중심의 C-ITS를 구축하기에는 첨단도로 인프라 및 정보 연계 체계가 미흡한 실정이다.

본 논문에서는 다양한 공간적 측면에서 시간의 연속성을 고려하여, 교통 인프라 간 정보 연계를 통해 교통흐름과 돌발 사고를 인지할 수 있는 그룹형 Zigbee Mesh 네트워크 기반 교통상황인지 시스템을 제시하였다. 제안하는 시스템은 1차적으로 현장에서 사고감지 및 경보 등의 대응이 가능하며, 타 시스템과의 정보 연계를 통해 보다 다양한 교통정보 서비스로의 활용이 가능할 것으로 기대한다.

ABSTRACT

C-ITS is an intelligent transportation system that can improve transportation convenience and traffic safety by collecting, managing, and providing traffic information between components such as vehicles, road infrastructure, drivers, and pedestrians. In Korea, road infrastructure is being built across the country through the C-ITS project, and various services such as real-time traffic information provision and bus operation management are provided. However, the current state-of-the-art road infrastructure and information linkage system are insufficient to build C-ITS.

In this paper, considering the continuity of time in various spatial aspects, we proposed a group-type network-based traffic situation recognition system that can recognize traffic flows and unexpected accidents through information linkage between traffic infrastructures. It is expected that the proposed system can primarily respond to accident detection and warning in the field, and can be utilized as more diverse traffic information services through information linkage with other systems.

키워드 : 지그비, 메시 네트워크, 지능형교통체계, 교통정보

Keywords : Zigbee, Mesh network, C-ITS, Traffic information

Received 6 October 2021, Revised 9 October 2021, Accepted 13 October 2021

* 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.2021.25.12.1723>

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

최근 정보통신기술(ICT)을 접목시킨 다양한 연구가 진행 중이며, 스마트시티 및 스마트 교통 분야에서 C-ITS(Cooperative-Intelligent Transport Systems, 자율협력 지능형교통시스템), 자율주행자동차, 드론 등 지능화 및 정보화가 연계되는 신기술에 대한 연구를 진행하고 시범도시를 구축 중에 있다. 2018년 세종시와 부산시가 스마트시티 시범도시로 선정되었다. 두 도시는 교통, 안전, 환경 등 다양한 분야가 융합된 미래형 스마트시티 선도 모델을 제시함으로써 시민에게 윤택한 삶을 제공하고자 하는 계획을 시행하고 있다. 기존에 진행해왔던 u-city 사업과는 유사한 점이 있으나 4차 산업혁명의 네트워크 기술과 인공지능 기술이 융합된 차세대 개념의 스마트 시티는 도시에서 발생하는 데이터를 수집 및 분석하여 시민에게 보다 다양하고 효율적인 방법으로 교통상황 정보를 제공한다. C-ITS는 차량 간 통신(V2V), 차량과 도로 인프라 간 통신(V2I) 및 도로 인프라 간 통신(I2I) 기술을 통해 자동차, 도로 인프라, 운전자, 보행자 등 구성요소 간 교통정보를 수집·관리·제공함으로써 교통 이용 편의, 교통안전을 제고 할 수 있는 지능형교통시스템이다. C-ITS의 필요성에 대한 논의는 안전성 증진을 중심으로 설명을 하고 있다. 교통사고의 예방으로 안전성에 대한 개선은 안정적인 주행환경을 제공하면서 정체발생의 원인을 줄이고, 경제적인 운전을 유도하며, 이러한 결과들은 지속가능한 교통시스템 구현이라는 궁극적인 목표를 달성하게 된다. 이를 실현하기 위해 국내에서는 C-ITS 사업을 통해 도로인프라가 국내 전역에 구축되고 있으며, 실시간 교통정보 제공, 버스운행 관리 등 다양한 서비스가 제공되고 있다. 현재 국토교통부에서 제시하는 C-ITS를 기반으로 구축하고 있는 도로 인프라는 CCTV 영상검지기, 도로 루프 차량검지기, 레이더 돌발 상황 검지기, 기상 센서, 등이 있으며 이를 기반으로 하는 정보제공 서비스를 제시하고 있다. 또한, V2X(Vehicle to Everything)를 위한 차량단말기와 WAVE, DSRC 등의 통신 인프라 구축과 관련된 연구개발을 진행하고 있다[1-2].

그러나 현재 도로상황 인지·전파 등을 통한 교통안전 중심의 C-ITS를 구축하기에는 첨단도로 인프라가 턱없이 부족하고 미흡한 실정이다. 현재 구축되어 있는 도로 인프라는 속도의 변화가 발생하는 곳과 같은 특정 지점

또는 일정 구간에 설치하여 차량 및 교통 시설물 데이터(교통량, 속도 등)를 수집하고 있으며, 이를 이용하여 도로 이용자에게 소통정보만을 제시하고 있는 상황이다.

한편, 자율주행 기술개발이 가속화되면서 돌발정보에 대한 중요성이 부각되고, 이에 따른 활용가치도 높아지고 있다. 자율주행차는 주변 정보를 취득하기 위해 여러 센서와 장비들을 장착하고 있다. 하지만 돌발상황이 항상 자율주행차의 센서 검지 영역 내에서 발생하는 것이 아니고, 대부분이 검지 영역 외에서 발생하는 것으로 자율주행차가 직접 정보를 취득하는 방법보다 주변 인프라를 통해 자율주행차에게 정보를 전달하는 것이 합리적인 방법으로 바라보고 있다[3-4]. 따라서 C-ITS를 실현하기 위해 첨단 도로 인프라와 돌발 정보 수집 및 연계 체계에 관한 연구가 필요한 상황이다.

본 논문에서는 최근 지능형 도로교통 환경 구축에 따라 도로교통 구성 요소 간 연결 및 교통정보처리 기법을 제시한다. 이를 위해 인접한 교통 인프라 간 정보 연계를 위한 그룹형 Zigbee Mesh 네트워크 구축 기법을 제안하고 이를 기반으로 교통흐름과 돌발 사고를 인지할 수 있는 교통상황인지 시스템을 제안한다.

II. 관련연구

2.1. 국내·외 교통정보시스템 사례

도로교통공단 및 경찰청 센터에서는 돌발정보 및 소통정보 시스템을 운영 중에 있으며, 교통정보 가상인터넷망 연계, 국내 표준 노드링크 데이터베이스 구축, 소통정보, 돌발정보 등을 도로 이용자에게 제공하고 있다. 서울시의 TOPIS(Seoul Transport Operation and Information Services)는 도로정체 후 정보를 전달하는 기존의 교통정보 방식에서 과거 데이터를 활용하여 도로의 장래 교통상황 예측 및 교통정보를 제공 시스템으로, 최근 'TOPIS 3.0' 비전을 발표하였다.

2.2. 네트워크 인프라와 정보 제공 서비스

교통 분야에서의 네트워크 구축과 관련된 연구로 Zigbee Mesh 네트워크를 이용하여 가로등 제어 및 모니터링 시스템이 연구되었다. 해당 연구는 Zigbee Mesh 네트워크에 존재하는 센서노드의 구현방법 및 메시지 전달 서비스를 위한 패턴화에 관한 연구로, 유지보수 및

관리 측면에서 효율성을 고려한 제어 시스템이다. 그러나 네트워크 내에 구성된 노드 간의 유기적인 정보 교환에 관해서는 다루고 있지 않으며, 기존의 중앙집중형 정보연동 및 서비스 구조와 같다.

정보 제공 서비스의 경우 사고 및 기상정보 기록을 기반으로 차량 단말기로 알람을 주는 서비스를 제공하고 있는 상황이다. 이러한 대응 수단은 상습적으로 사고가 발생하는 지역에 국한되어 설치·운영·서비스되고 있어 시공간적으로 불특정하게 발생하는 사고에 효과적으로 대응하지 못하고 있는 실정이다[5-8].

III. 교통상황 인지 시스템의 설계

3.1. IoT 디바이스

IoT 디바이스는 그림 1과 같이 제어부, 무선통신부, 전원부, 위험상황 감지용 센서부, 정보 표시용 LED로 구성된다. 제어부는 ATMEGA328 듀얼 MCU로 구성된다. 이는 엣지 컴퓨팅을 위한 네트워크 영역과 이벤트 감지 영역을 MCU로 구분하고 내부 UART 통신으로 알고리즘 연동하기 위함이다. 무선통신부는 Zigbee 모듈로 구성한다. 각 IoT 디바이스는 Zigbee Mesh 네트워크를 기반으로 연결되며 그룹형성 알고리즘에 따라 IoT 디바이스(노드)를 관리한다. 전원부는 충전, 승압 회로와 태양전지패널 및 3.7V 3000mAh 배터리로 구성하였다. 센서부는 가속도 센서 MPU9250 9축 가속도 센서 및 거리센서를 통해 충격 및 사고 강도를 감지하고, GPS 모듈을 통해 위치정보를 수집한다. 도로 이용자에게 소통정보, 돌발정보를 시각적으로 제공하기 위한 링 형태의 LED를 구성하였다.

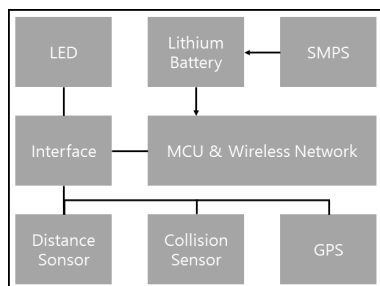


Fig. 1 IoT device configuration

그림 2는 IoT 디바이스의 펌웨어 구성도이다. IoT 디

바이스는 부착된 센서의 측정 및 교통 상황 감지를 위한 ‘Sensing Module’과 Zigbee 기반 그룹형 네트워크 및 이를 통한 도로상황을 인지하기 위한 ‘Situation Recognition Module’로 구분한다. 센싱 모듈과 상황 인지 모듈은 I2C 통신을 통해 상호 간 정보를 교환한다. 센싱 모듈은 레이저 센서, 가속도 센서, GPS로부터 측정된 정보를 기반으로 차량 및 교통 상황을 판단하기 위한 정보를 가공 또는 취합하는 ‘Measure Module’과 가공 데이터를 기반의 교통흐름 알고리즘을 통해 차량 통행 및 사고 정보를 판단하는 ‘Traffic Flow Module’로 구성한다. 상황 인지 모듈은 Zigbee 통신 기반의 상황 정보 송수신 및 내부 모듈 간의 I2C 및 Serial 통신을 지원하기 위한 ‘Communication Module’과 자율 군집 네트워크 알고리즘을 통한 그룹 네트워크를 기반으로 도로 상황인식 및 사고 정보 전송하기 위한 ‘Cognition Module’로 구성한다.

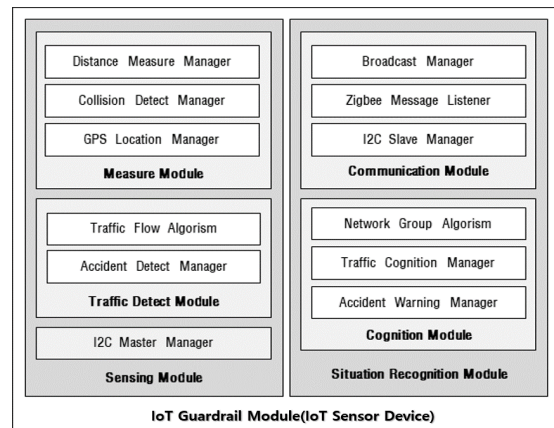


Fig. 2 Firmware configuration(IoT device)

3.2. 그룹형 Zigbee mesh 네트워크

본 논문에서는 그림 3과 같이 IoT 디바이스 간 메시지 교환 및 연결을 지원하는 그룹형 Zigbee Mesh 네트워크를 제안한다. 그룹형 네트워크는 노드와 게이트웨이로 구성되며, 각각의 노드에서는 일정한 시간 간격으로 Broadcast 메시지 전송과 함께 인접 노드의 Broadcast 메시지를 수신한다. 각 노드는 메시지 프로토콜에 포함된 노드의 고유 ID 및 RSSI를 기준으로 거리 기반 네트워크 그룹 형성한다. 또한, 노드의 상태 변화에 따른 네트워크 연결/확장/복구를 통한 지능적인 네트워크 환경을 지원한다.

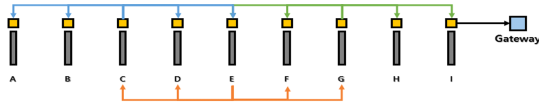


Fig. 3 Network configuration

제안하는 그룹형 네트워크는 인접 노드로부터 수신되는 Broadcast 메시지를 축적하여 신뢰성 및 유효성 검사를 통해 자율형 네트워크 그룹을 형성한다. 노드의 고유 ID를 기준으로 버퍼를 생성 및 갱신하고, 특정 노드의 메시지 수신횟수가 지정 범위에 도달하면 각 노드의 Broadcast 수신횟수를 기반으로 1차 필터링을 진행한다. 이후 RSSI를 기반 2차 필터링을 통해 유효한 네트워크 그룹을 생성하고, 반복적인 Buffer 초기화와 주변 노드의 RSSI 및 Receive Count 기반의 네트워크 그룹 알고리즘을 통해 네트워크 연결/확장/복구하는 구조이다. 네트워크 그룹 형성은 다음과 같이 이루어진다. 그림 4는 수신 횟수 및 RSSI 기반 필터링 기법을 의사코드로 나타낸 것이다.

- 각 무선 통신 모듈에서는 인접한 통신 모듈을 대상으로 일정 간격으로 지속적인 메시지 전송
- 인접 통신 모듈로부터 메시지 수신 시 해당 모듈의 주소 정보를 기준으로 신호세기 및 수신 횟수 저장
- 버퍼의 특정 통신 모듈의 수신 횟수가 지정 횟수에 도달하면 수신 횟수 기준 내림차순 정렬
- 각 통신 모듈의 수신 횟수에 대한 최대 오차가 발생하는 인덱스(위치)를 기준으로 불안정한 신호의 통신 모듈을 제거 (수신 횟수 기반 1차 필터링)

```

Filtering the buffer list based on the number of times received
void receiveCountFilter() {
for (i = 0; i < NODE_BUF_SIZE - 1; i++) {Sort in descending order by number of receptions
if (bufNodes[i].addr == 0) { If address information is 0,
bufSize = i; // It is determined that there is no receiving node at the subsequent location
break;
}
for (j = i + 1; j < NODE_BUF_SIZE; j++) {
if (bufNodes[j].recvCnt < bufNodes[i].recvCnt) {
tempNode = bufNodes[j];
bufNodes[j] = bufNodes[i];
bufNodes[i] = tempNode; } } }

Filtering the buffer list by RSSI
void rssiFilter() {
for (i = 0; i < filterResultBufSize - 1; i++) {Sort in ascending order by RSSI
for (j = i + 1; j < filterResultBufSize; j++) {
if (bufNodes[j].avgRssi > bufNodes[i].avgRssi) {
tempNode = bufNodes[j];
bufNodes[j] = bufNodes[i];
bufNodes[i] = tempNode;
} } }
}
    
```

Fig. 4 Receive count and RSSI-based filtering

3.3. 도로상황 인지 알고리즘

본 논문에서는 IoT 디바이스의 거리 센서와 가속도

센서를 통해 차량의 흐름을 판단하고 이를 기반으로 도로상의 사고 발생 여부를 인지한다. 측정 방법은 레이저 센서를 통해 차량 통과 시간과 차량 정지 인지 횟수를 측정하고 6축 가속도 센서를 통해 차량 충돌 여부를 측정한다. 축적된 다수의 차량 통과 시간을 기준으로 교통 흐름 상황을 판단한다. 차량 정지 인지 횟수와 차량 충돌 상태 정보를 기반으로 사고 상황을 판단한다. 교통흐름의 측정 방법은 다음과 같다. 차량 통과 시간은 교통흐름을 판단하기 위한 기준으로, 통행 차량의 이동 속도를 판단하기 위한 거리센서의 측정 시간이다. 센서를 통해 측정되는 거리의 변화를 통해 측정 차량을 구분한다. 차량 간 사고인지 방법은 측정되는 차량 거리정보에 따른 차량 정지상황의 인지 횟수를 측정한다. 통행 차량 인지 이후 일정 시간 이상 차량의 움직임이 감지되지 않는 경우 차량 사고 가중치를 증가시킨다. 안쪽 차선의 경우 바깥 차선의 차량 통과 시간 측정 이후 인식 거리가 이전 인식 거리와 동일 범위에 존재하는 경우 차량 사고 가중치를 증가시킨다. 가중치가 일정 수치를 넘어 가면 사고 상황으로 판단한다.

IV. 교통상황 인지 시스템의 구현

4.1. IoT 디바이스의 구현

본 논문에서는 교통정보를 인지하고 도로 이용자에게 정보를 제공하는 IoT 디바이스를 그림 5와 같이 구현하였다. IoT 디바이스의 구성은 다음과 같다.

- ATMEGA328 듀얼 MCU
- 네트워크 영역과 이벤트 감지 영역을 MCU로 구분
- 전원부(충전, 승압 회로) 배터리 구성
- MPU9250 9축 가속도 센서로 충돌사고 감지
- 상태 모니터링 LED 구성

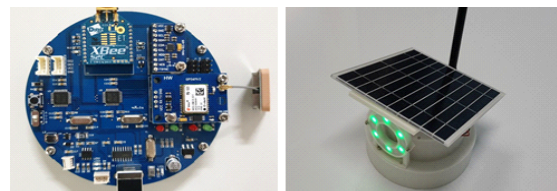


Fig. 5 IoT Device

4.2. 그룹형 Zigbee mesh 네트워크의 구현

그룹형 네트워크는 Broadcast 수신횟수 기반 1차 필터링과 RSSI 기반 2차 필터링을 수행하는 네트워크 기법이다. 네트워크 그룹 형성 모니터링을 위해 그림 6과 같이 총 15개의 IoT 디바이스 중 하나의 IoT 디바이스를 기준으로 하여, 구현 결과를 확인하였다.

네트워크 그룹 형성 과정은 다음과 같이 이루어진다.

- 각 무선 통신 모듈에서는 인접한 통신 모듈을 대상으로 일정 간격으로 지속적인 메시지 전송
- 인접 통신 모듈로부터 메시지 수신 시 해당 모듈의 주소 정보를 기준으로 신호세기 및 수신 횟수저장
- 버퍼의 특정 통신 모듈의 수신 횟수가 지정 횟수에 도달하면 버퍼 정보를 수신 횟수기준으로 정렬
- 각 통신 모듈의 수신 횟수에 대한 최대 오차가 발생하는 인덱스(위치)를 기준으로 불안정한 신호의 통신 모듈을 제거 (수신 횟수 기반 1차 필터링 완료)
- 안정된 신호의 통신 모듈에 대한 평균 신호세기 (RSSI) 기준 오름차순 정렬
- 상위 통신 모듈의 신호세기 변화폭 확인 및 Step 구분을 위한 기준으로 설정
- 하위(다음) 통신 모듈의 신호세기가 기준치보다 낮거나 같으면 동일한 Step, 신호세기의 변화가 기준치보다 높으면 다음 Step으로 판단
- 통신 모듈의 불안정한 신호세기가 검출될 때까지 네트워크 그룹 생성

RSSI Buffer (Count : 14)					RSSI Buffer (Count : 12)				
No	Address	Average RSSI	Last RSSI	Receive Count	No	Address	Average RSSI	Last RSSI	Receive Count
12	643C	70	70	98	11	6416	67	66	77
8	6430	57	59	98	11	6416	67	66	77
11	6416	62	64	98	14	645E	57	57	77
14	645E	77	78	79	15	64EE	64	63	76
16	642D	63	64	46	7	642D	0	85	23
13	6431	76	79	84	3	645E	0	98	10
5	645E	74	75	91	9	642B	75	75	72
4	6449	0	90	39	10	6427	70	70	76
15	64EE	77	77	88	12	642C	56	57	76
7	63E2	68	71	98	2	6400	0	83	22
6	6008	72	73	96	6	6400	0	82	34
10	6427	55	56	97	4	642A	0	87	2
3	6408	0	91	34					
2	6400	85	86	40					

Fig. 6 group network

4.3. 도로상황 인지 알고리즘의 구현

교통흐름 인지 알고리즘은 각 IoT 디바이스의 거리센서를 통해 차량이 통과되는 측정값과 인접한 IoT 디바이스의 측정값을 가중치를 두고 산출하는 방식이다. 그림 7은 교통흐름 인지 알고리즘을 검증하기 위한 모니터링 프로그램이며, IoT 디바이스의 설치간격 5m, 총 100m 거리의 도로를 기준으로 교통흐름 인지 알고리즘을 구현한 결과를 보여준다. 그림 7의 1은 각 IoT 디바이

스의 측정값(거리센서), 2는 가중치, 3은 가중치에 따른 최종 산출 값을 의미하며 최종 산출 값에 따라 IoT 디바이스의 LED 색상이 표시될 수 있다.

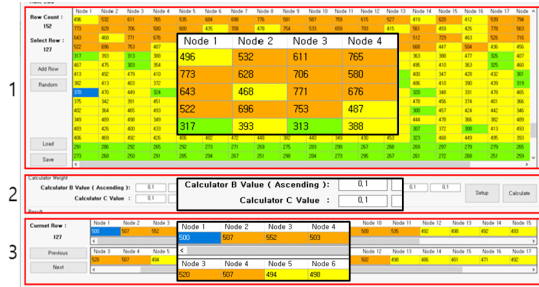


Fig. 7 traffic flow monitoring

사고인지 알고리즘은 차량 거리정보에 따른 차량 정지 상황이 누적됨에 따라 사고 가중치를 누적하여 최종적으로 사고 상황으로 판단한다. 그림 8은 사고인지 알고리즘을 검증하기 위한 모니터링 프로그램으로, 그림 8의 1은 각 IoT 디바이스의 측정값(거리센서), 2는 최종 산출값, 3은 사고 가중치에 따른 사고인지 결과를 보여준다. 3의 결과에 따르면 노드 11(IoT 디바이스) 지점에서 사고가 발생하였고, 인접 노드에서 사고 영향으로 인한 차량 정지 상황이 인지되었음을 보여준다.

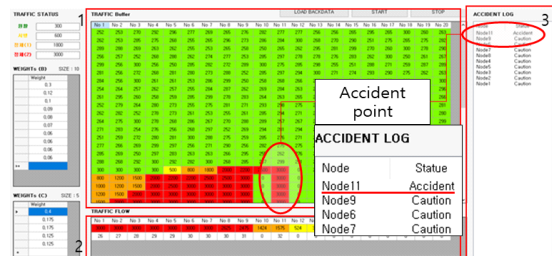


Fig. 8 accident monitoring

V. 결론

본 연구에서는 교통상황 인지 시스템을 제시하였다. 이를 위해 교통 인프라를 첨단화 하여 교통 현장의 상황 정보를 수집 할 수 있는 IoT 디바이스와 IoT 디바이스 간 연결을 위한 그룹형 Zigbee Mesh 네트워킹 기법을 설계 및 구현하였다. IoT 디바이스는 도로 현장에서의

교통흐름 및 사고 정보를 수집하며, 그룹형 네트워크는 각 IoT 디바이스가 수집한 정보를 인접한 디바이스와 연동할 수 있도록 한다. 그룹형 네트워크의 경우 인접 디바이스의 선별을 통한 그룹형성 뿐만 아니라 도로 환경 특성상 디바이스 파손 또는 네트워크 단절과 같은 장애상황에 따른 자동 네트워크 그룹 형성이 가능함을 보여준다. 또한 그룹형 Zigbee Mesh 네트워크를 기반으로 하는 교통흐름 및 사고 감지알고리즘을 구현하였다. 상시에는 교통흐름을 측정하며, 가드레일 충돌사고나 차량 간 사고 감지가 가능하다.

제안하는 그룹형 Zigbee Mesh 네트워크 기반 교통상황 인지 시스템은 1차적으로 현장에서 사고감지 및 경보 등의 대응이 가능하며, 게이트웨이를 통한 타 시스템과의 정보 연계를 통해 보다 다양한 교통정보 서비스로의 활용이 가능할 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by the BB21plus funded by Busan Metropolitan City and Busan Institute for Talent & Lifelong Education(BIT)

References

[1] N. J. Kim, S. J. Lee, S. C. Oh, and Y. T. Son, "A Study on Optimal Traffic Detection Systems by Introduction of Section Detection System," *The Journal of The Korea*

Institute of Intelligent Transportation System, vol. 10, no. 3, pp. 47-63, Jun. 2011.
 [2] K. S. Bae and S. C. Lee, "A Study on the Improvement of Standards of Traffic Information Service and Provide Services Based on the Detailed Traffic Information," *Journal of Information Technology Services*, vol. 17, no. 4, pp. 85-100, Dec. 2018.
 [3] M. S. Kim, "A Study on Characteristics of Driver's Visual Time-varying on the message Display Form," *International Journal of High-way Engineering*, vol. 15, no. 1, pp. 163-169, 2013.
 [4] Y. K. Ki and Y. H. Kim, "A Travel Speed Prediction Model for Incident Detection based on Traffic CCTV," *Journal of Industrial Convergence*, vol. 18, no. 3, pp. 53-61, 2020.
 [5] G. H. Ahn, Y. K. Ki, and E. J. Kim, "Real-time Estimation of Travel Speed Using Urban Traffic Information System and Filtering Algorithm," in *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 8, no. 2, pp. 145-154, 2014.
 [6] K. Mu, F. Hui, and X. Zhao, "Multiple Vehicle Detection and Tracking in Highway Traffic Surveillance Video Based on SIFT Feature Matching," *Journal of Information Processing Systems*, vol. 12, no. 2, pp. 183-195, 2016.
 [7] J. W. Park, J. W. Baek, S. W. Lee, W. C. Seo, and D. W. Seo, "Edge Camera based C-ITS Pedestrian Collision Avoidance Warning System," *Journal of the Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 18, no. 6, pp. 176-190, 2019.
 [8] D. sambuu, "Zigbee mesh network based Smart Street Light System," M.S. dissertation, Daegu University, Daegu, 2006.



임지용(Ji-Yong Lim)

2016년 동명대학교 컴퓨터미디어공학과 공학석사
 현재 동명대학교 컴퓨터미디어공학과 박사과정
 ※관심분야 : 사물인터넷, 빅데이터, 데이터베이스



오암석(Am-Suk Oh)

1997년 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사
 1987년~1990년: LG연구소 연구원
 현재: 동명대학교 디지털미디어공학부 교수
 ※관심분야 : 데이터베이스, 빅데이터, 사물인터넷, 헬스케어시스템, 의료정보시스템