

IoT 가드레일 기반의 고속도로 사고감지 및 경보 시스템 설계

오암석*

Design of Highway Accident Detection and Alarm System Based on Internet of Things Guard Rail

Am-Suk Oh*

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

요 약

현재 전 세계적으로 ICT 스마트시티의 일환으로 도시교통 문제해결을 위한 차세대 지능형 교통시스템인 C-ITS(Cooperative-Intelligent Transport Systems) 구축을 추진하고 있다. C-ITS와 함께 자율주행 서비스를 실현하기 위해서는 첨단 도로 인프라의 역할이 중요하다. 그리고 중장기적인 C-ITS, 자율주행서비스의 연구와 함께 단기적으로 도로 교통안전에 위한 보다 현실적인 솔루션 제시가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 IoT 가드 레일을 기반으로 C-ITS의 필수 요구정보인 교통흐름과 사고위험 정보를 감지·분석하여, 도로 현장에 즉각적인 경보와 원격 모니터링을 제공할 수 있는 고속도로 사고감지 및 경보 시스템을 제안한다. 지능형 IoT 가드 레일은 장기적으로 C-ITS와 자율주행 서비스에서 요구하는 실제 도로 현장에서의 데이터를 제공하는 지능적 첨단 도로 인프라로서 활용될 것으로 기대된다.

ABSTRACT

Currently, as part of the ICT Smart City, the company is building C-ITS(Cooperative-Intelligent Transport Systems) for solving urban traffic problems. In order to realize autonomous driving service with C-ITS, the role of advanced road infrastructure is important. In addition to the study of mid- to long-term C-ITS and autonomous driving services, it is necessary to present more realistic solutions for road traffic safety in the short term. Therefore, in this paper, we propose a highway accident detection alarm system that can detect and analyze traffic flow and risk information, which are essential information of C-ITS, based on IoT guard rail and provide immediate alarm and remote control. Intelligent IoT guard rail is expected to be used as an intelligent advanced road infrastructure that provides data at actual road sites that are required by C-ITS and self-driving services in the long term.

키워드 : 사물인터넷, 엣지컴퓨팅, 차세대 지능형 교통시스템, 가드레일

Key word : Internet of Things, Edge Computing, Cooperative-Intelligent Transport Systems, Guard Rail

Received 2 October 2019, Revised 7 October 2019, Accepted 22 October 2019

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

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

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.12.1500>

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. 서 론

도시의 인구과밀로 인한 도시문제가 심화 되면서 이를 해결하기 위해 전 세계적으로 ICT 기반의 스마트시티 프로젝트가 추진 중이다. 이 중 가장 높은 비율을 차지하는 것은 스마트교통 프로젝트이며, 지능형 교통시스템(C-ITS) 구축을 통한 도시교통 문제해결에 중점을 두고 있다. 지능형 교통시스템은 사물인터넷(IoT)을 통해 차량-차량, 차량-보행자 통신을 지원하여 교통사고 위험을 감소시킬 수 있는 안전 운전 지원, 교차로통행 지원, 교통약자 보호, 긴급상황 지원 등의 서비스를 제공한다[1-2]. 이러한 교통안전 중심의 C-ITS 구현을 위해서는 차량-차량, 차량-인프라 등 교통요소 간의 통신 기술과 함께 다양하고 유용한 도로 정보를 수집하기 위한 첨단도로 인프라는 필수 요소이다[1-3].

그러나 현재 C-ITS에서의 도로 정보수집을 위한 인프라 장치는 CCTV 영상검지기, 도로 루프 차량검지기, 레이더 돌발 상황 검지기, 기상 센서 도로기상정보시스템 등으로 매우 한정적이다. 차세대 ITS에서 기대하는 급정거, 정차 차량, 사고상황, 도로상 장애물 등의 교통사고 위험요인에 대한 정보를 수집하고, 교통요소 간 통신으로 확인 전파, 추돌·충돌 사고를 예방할 수 있는 첨단도로 인프라가 부족하고 미흡한 실정이다. 차세대 ITS를 통한 스마트교통을 위해서는 자율주행과 같은 고도화된 차량과 함께 C-ITS 서비스를 위한 지능화된 첨단도로 인프라가 구축되어야 하며, 이를 기반으로 즉각적인 교통안전 대응이 가능한 솔루션이 필요하다[4-5].

따라서 본 논문에서는 IoT 가드레일을 기반으로 C-ITS의 필수 요구정보인 교통흐름과 위험요소 정보를 감지·분석하여 제공하며, 독립적으로 도로 현장에 즉시 정보와 원격 관제를 제공할 수 있는 고속도로 사고감지 및 경보 시스템을 제안한다.

II. 관련연구

2.1. 클라우드 기반 교통정보 시스템의 한계

현재 C-ITS를 통해 연계하고자 하는 교통정보시스템은 대부분 중앙시스템에서 취합·분석하여 다양한 형태로 정보를 제공하는 클라우드 서비스 방식이다. 그림1과 같이 클라우드 컴퓨팅은 많은 양의 데이터 처리에 따

른 부하, 전송 지연의 문제가 발생하고 실시간 대응에는 한계가 있다.

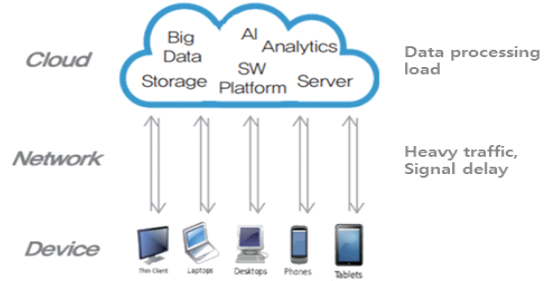


Fig. 1 Cloud-based systems

2.2. 클라우드 컴퓨팅과 엣지 컴퓨팅

그림 2는 본 논문에서 제안하는 시스템으로 실시간으로 데이터를 분석·활용하는 엣지 컴퓨팅 기술과 클라우드 컴퓨팅 기술을 혼합하는 형태이다. 엣지 컴퓨팅 기반은 수집한 데이터를 네트워크 엣지 환경에서 지연 시간 없이 실시간으로 데이터를 처리하여 현장에서 즉각적인 대응이 가능하다. 로컬 영역에서 직접 컴퓨팅이 수행되며, 엣지 디바이스 간 유기적인 연결을 통해 효율적이고 지능적인 상황 분석이 가능하다. 또한, 현장 상황 분석을 통해 추려진 데이터는 다시 클라우드로 전달되어 머신러닝과 같은 지능적인 정보 처리를 수행하며, 외부 시스템과의 연계를 통해 다양한 정보 연계 서비스 제공이 가능하다[6-8].

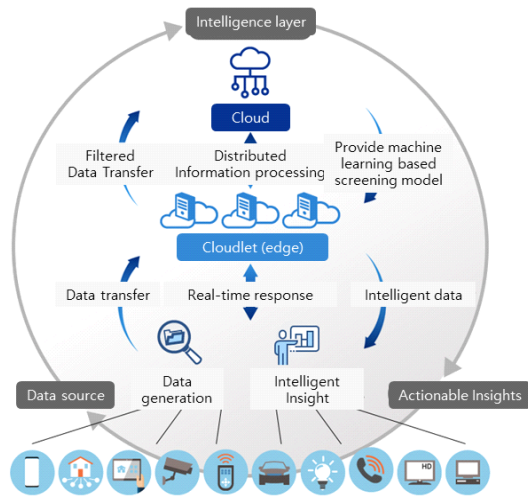


Fig. 2 System that Combines Edge Computing Technology and Cloud Computing Technology

III. IoT 가드레일 기반의 고속도로 사고감지 및 경보 시스템 설계

본 논문에서는 도로상의 가드레일에 설치되는 IoT 장치를 통해 실시간 교통상황 정보(교통 흐름, 충격 감지 등)를 수집하여 도로 위험 상황(급정차, 급정체, 추돌 사고 등)을 실시간으로 인식하고, 도로 운전자에게 시각적 경보를 제공하여 2차 사고 예방을 하기 위한 교통안전 시스템을 제안한다. 그림3은 제안하는 시스템의 구성도이다.

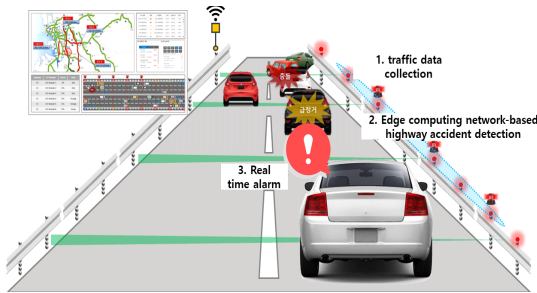


Fig. 3 Configuration of IoT Guardrail-based Highway Accident Detection and Alarm System

제안하는 IoT 가드레일 기반의 고속도로 사고감지 및 경보 시스템은 다음과 같은 요소로 구성된다.

- 가드레일 IoT 모듈 : 도로상의 가드레일에 설치하여 충격을 감지하고 위치정보를 관제시스템으로 전송하는 IoT 디바이스
- IoT 엣지 컴퓨팅 네트워크 : 신뢰성 있는 네트워크 인프라가 보장되지 못하는 도로 환경 특성을 고려하여 지능형 IoT 엣지 컴퓨팅 네트워크(연결-확장-복구)를 구축
- 엣지 컴퓨팅 기반 도로 위험 상황인식 기법 : IoT 엣지 컴퓨팅 네트워크 기술을 바탕으로 센서 디바이스 간 유기적인 데이터 연계를 통해 도로위험상황을 인식 및 통보
- 실시간 교통상황 모니터링 시스템 : 상시 도로 교통 흐름 및 도로 현장 위험상황의 인식과 통보 상태를 실시간 모니터링

3.1. 가드레일 IoT 모듈

그림4는 사고감지를 위한 가드레일 IoT 모듈의 구성도이다.

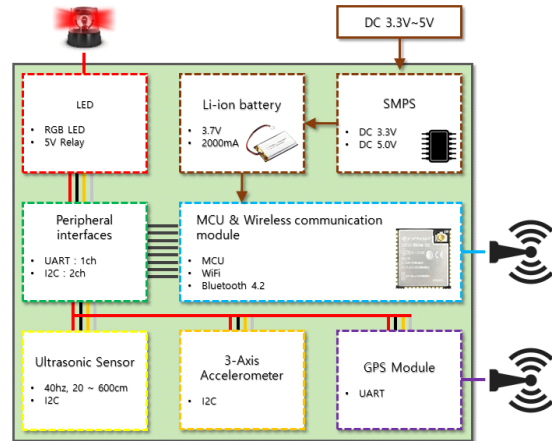


Fig. 4 Guardrail IoT Module Hardware configuration

그림4의 가드레일 IoT 모듈은 무선통신이 가능한 32-bit MCU를 기반으로 충격 감지 센서 모듈과 GPS 모듈을 활용하여 사고 상황을 감지하고 위치 정보를 관제 센터로 전송하기 위한 가드레일 설치형 IoT 모듈이다. Wi-Fi 혹은 Bluetooth 4.2 메쉬 네트워크를 구성하여 AP-LTE 모뎀을 통해 외부 네트워크와 연동한다. 충격 감지센서는 일반적인 디지털 방식의 충격 감지 방식이 아닌 충격의 강도를 수치화하여 다양한 상황으로 분류(직접 충격, 간접 충격 등)하기 위해 3축 가속도 센서를 활용하며, GPS 모듈을 통해 사고 위치를 정확히 인식하는 것을 목표로 한다.

3.2. IoT 엣지컴퓨팅 네트워크

가드레일에 설치되는 IoT 모듈은 지능형 IoT 엣지컴퓨팅 네트워크(로컬 네트워크)를 구성하는 최소 단위의 노드로서 동작하게 된다. 하나의 노드에서 Station (Client)과 AP의 기능을 동시에 수행 할 수 있는 SoftAP 기능으로 활용할 수 있다. 각 노드는 SoftAP 인터페이스를 이용해서 다수의 하위 노드 연결을 가질 수 있으며, 동시에 Station 인터페이스를 사용하는 상위 노드 연결을 통해 여러 계층으로 구성된 트리 네트워크 구조를 형성하고 있다. 그림5는 IoT 엣지컴퓨팅 네트워크의 구성도이다.

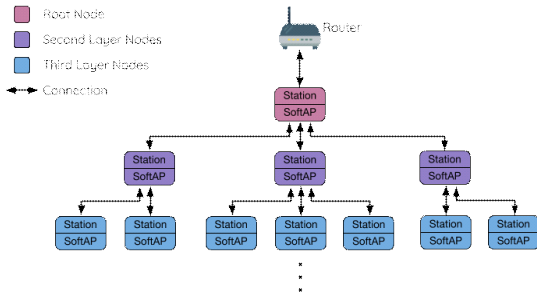


Fig. 5 Network configuration

그림5의 네트워크를 구성하는 노드는 4가지 유형으로 구분할 수 있다. Root 노드는 네트워크의 최상위 노드로서, 내부 네트워크와 외부 IP 네트워크 간의 유일한 인터페이스 역할을 하며, Wi-Fi 라우터에 연결되고, 외부 IP 네트워크와의 패킷을 내부 네트워크의 노드로 중계한다. Internal 노드는 Root Node 또는 Leaf Node가 아닌 중간 계층 노드로서, 하나의 상위 노드를 가져야 하지만 여러 개의 하위 노드 연결이 가능하다. Leaf 노드는 하위 노드가 허용되지 않는 노드로서, 네트워크의 최대 허용 계층에 있을 경우, 리프 노드로 지정하여 하위 노드 연결을 형성하지 못하게 하여 네트워크 계층을 추가하지 않도록 제한한다. Idle노드는 현재 네트워크 속해 있지 않은 노드로서, 상위 노드와의 연결을 형성하거나 루트 노드로 설정이 가능하다.

일반적인 네트워크 구축 프로세스는 다음과 같다. Root Node는 네트워크 초기 구축 시, 지정하는 것을 기본 설정으로 하고 각 노드와 라우터 간의 신호 강도에 따라 동적으로 선택한다. Root Node의 범위에 있는 Idle Node가 Root Node와 연결, 네트워크의 두 번째 계층 형성한다. 나머지 Idle Node는 범위 내의 Internal Node와 연결되어 네트워크에 새로운 계층을 형성한다. 이때, 네트워크 최대 허용 계층에 따라 Internal Node 또는 Leaf Node가 될 수 있다. 네트워크 내에 Idle Node가 없어질 때까지 또는 네트워크의 최대 허용 계층에 도달할 때까지 반복하여 네트워크 계층을 형성한다. 허용되는 최대 계층 수를 초과하지 않도록 마지막 계층의 노드는 Leaf Node로 설정한다.

Internal Node의 장애 상황에 따른 네트워크 복구 과정은 다음과 같다. 먼저 Internal Node에서 장애가 발생할 경우, 연결 해제 된 하위 노드는 처음에 상위 노드로

다시 연결을 시도한다. 연결 시도가 여러 번 실패할 경우에는 각 하위 노드는 RSSI 값을 기반으로 상위 노드를 검색한다. 연결 가능한 상위 노드가 있으면 각 자식 노드는 새로운 기본 설정 부모 노드를 개별적 선택, 해당 노드와의 연결 형성한다. 연결 가능한 상위 노드가 없는 경우에는 Idle Node 상태를 유지하거나 새로운 Root Node가 되어 별도의 네트워크 형성한다. 이때, 각 네트워크가 확장함에 따라 기존 네트워크와 연결이 가능하다.

3.3. 엣지 컴퓨팅 기반 도로 위험 상황인식 기법

가드레일에 설치되는 IoT 모듈은 교통 흐름 및 도로 위험 상황 인식 기술의 가용성 및 효율성을 고려하여 10m 간격으로 구성한다. 인근의 IoT 모듈과의 정보 연계로 다양한 상황에 대한 인식 및 정확성을 보장하고, 사고상황 또는 교통 흐름상 정체 상황을 따라 LED 또는 경광등으로 현장에 통보한다. 그림6은 엣지컴퓨팅 기반의 실시간 분석 및 정보 연계를 예로 든 것이다. 인접 노드 간 데이터 교환은 다음과 같다. 먼저 최초 특정 노드 (이벤트 노드)에서 이상 데이터(충격, 정차, 급정체 등) 감지하면, 해당 노드가 Station 노드라면 상위 SoftAP 노드로 인접 노드 데이터를 요청한다. 이벤트 노드의 SoftAP 노드는 인접 SoftAP 노드(상위 부모 SoftAP 노드, 하위 자식 SoftAP 노드)로 이벤트 노드의 데이터 요청 메시지를 중계한다. 인접 노드들의 데이터 요청 메시지를 전달받은 SoftAP 노드들은 내부의 모든 Station 노드에 상대 데이터를 요청한다. SoftAP 노드들은 내부 모든 노드들의 데이터를 취합하고, 2~4번 과정을 역순으로 전달하여 최초 데이터를 요청한 노드로 모든 데이터를 전송한다.

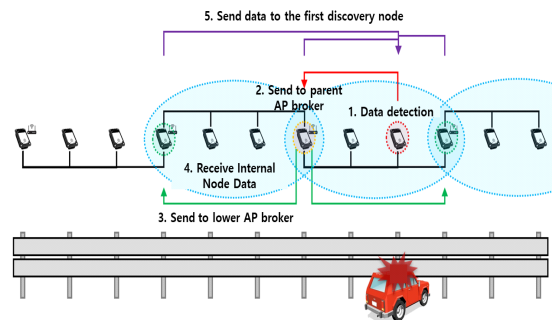


Fig. 6 Edge Computing based Real Time Analysis and Information Linkage

그림7은 차량 충격 상황에 대한 도로 위험 상황인식 및 현장통보 시나리오이다. 가드레일 IoT 모듈에서 일정수치 이상 충격이 감지될 경우, 차량의 가드레일 충돌로 파악하고, 충격의 강도에 따라 직접 충격, 간접 충격, 충격거리 예측 등 다양한 상황 파악할 수 있으며, 사고 지점으로부터 후방 일정 지점까지 사고 상황을 전달하고 경광등을 통해 경보한다.

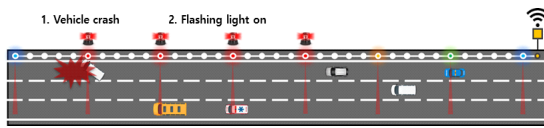


Fig. 7 Highway Accident Detection Scenario-1

그림8은 차량 정지 상황이 일정 시간 감지되고, 전방의 교통 흐름이 원활한 상황이다. 이와 같은 상황은 사고로 파악하고, 후방 일정 지점까지 상황을 전달하고 경광등을 통해 경보한다.

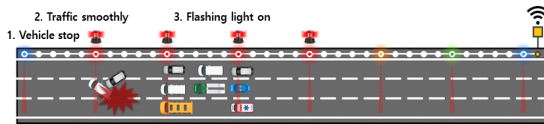


Fig. 8 Highway Accident Detection Scenario-2

그림9는 차량 정지 상황이 일정 시간 감지되고, 전방의 교통 흐름 상황이 정체된 상태가 지속되는 상황이다. 이러한 상황에서는, 사고 상황인지 아닌지 정확한 판단을 할 수 없기 때문에, 전후방 IoT 모듈과의 정보교환을 통해 지속적으로 상황을 파악한다.

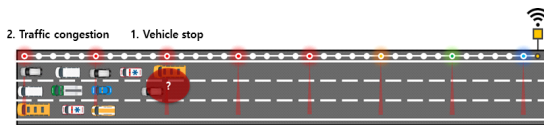


Fig. 9 Highway Accident Detection scenario-3

그림10은 차량정지 상황이 계속 감지되고, 전방에서 교통흐름이 감지되는 상황이다. 이러한 상황에서는 사고 상황으로 판단, 후방 일정 지점까지 사고 상황을 전달하고 경광등을 통해 경보한다.

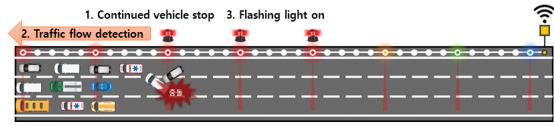


Fig. 10 Road Danger Context Aware scenario-4

그림11은 차량정지 상황이 계속 감지되고, 전방에서 교통흐름이 정체되어있는 상황이다. 이러한 상황에서는 교통흐름상 정체구간으로 파악하고 교통 흐름을 LED로 표시한다.

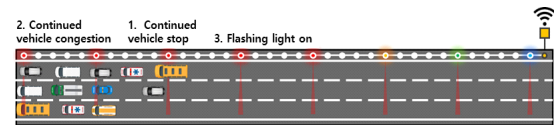


Fig. 11 Road Danger Context Aware scenario-5

3.4. 실시간 교통상황 모니터링 시스템

실시간 교통상황 모니터링 시스템은 LTE, LoRa 등의 인터넷 네트워크를 통해 가드레일 IoT 모듈 및 네트워크 연결 상태 관리, 도로 교통흐름 및 위험상황 모니터링 기능을 제공한다. 그림12는 실시간 교통상황 모니터링 시스템예시이며 지도를 기반으로 원활, 서행, 정체 등의 교통흐름과 교통 구간별 거리정보, 가드레일 IoT 모듈 상태를 관리한다.

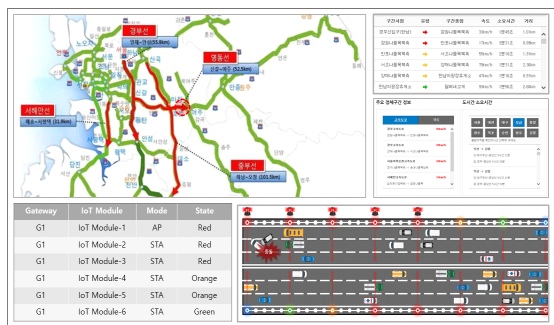


Fig. 12 Real Time Monitoring System

IV. 결론

본 논문에서는 지능형 IoT 가드레일 기반으로 C-ITS의 필수 요구정보인 교통흐름과 위험요소 정보를 감지,

분석하여 제공하는 시스템을 제안하였다. 도로 현장에 즉각적인 정보와 원격 관제를 제공할 수 있는 솔루션과 네트워크 기술이다. 제안하는 IoT 엣지 컴퓨팅 네트워크는 열악한 야외 도로 환경에서 안정적인 엣지 컴퓨팅 네트워크를 구축한다. 그리고 엣지 컴퓨팅을 기반으로 별도의 중앙시스템 연동 없이 지능형 IoT 가드레일 모듈 간 정보교환을 통해 도로의 교통 흐름의 분석과 위험 상황을 지능적으로 감지하고, 독립적으로 사고예방을 위한 현장 경보와 상황 모니터링을 제공한다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the BB21+ Project in 2018.

References

- [1] C. Chao, T. Katura, M. Kisimoto, T. Ueda, T. Matukawa, and H. Okada, "Network Connectivity of Layered Self-organizing Wireless Networks," *Proceedings of Sixth International Conference on Computer Communications and Networks*, pp. 270-274, 1997.
- [2] H. H. Yang, "Lode Location Management Using RSSI Regression Analysis in Wireless Sensor Network," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 13, no. 4, pp.1935-1940, 2009.
- [3] H. M. Park, and T. H. Hwang, "Changes and Trends in Edge Computing Technology," *Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, vol. 36, no. 2, pp. 41-47, 2019.
- [4] J. S. Song, B. J. Lee, K. T. Kim, and H. Y. Youn, " Expert System-based Context Awareness for Edge Computing in IoT Environment," *Journal of Internet Computing and Services*, vol. 18, no. 2, pp. 21-30, 2017.
- [5] F. Bonomi, R. Milito, J. Zhu, and S. Addepalli, "Fog Computing and its Role in the Internet of Things," *Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing*, pp.13-16, 2012.
- [6] Y. Xu and A. Helal, "Scalable Cloud-Sensor Architecture for the Internet of Things," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 3, no. 3, pp. 285-298, 2016.
- [7] C. Perera, A. Zaslavsky, P. Christen, and D.Georgakopoulos, "Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey," *IEEE Comm. Surveys & Tutorials*, vol. 16, no.1, pp. 414-454, 2014.
- [8] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645-1660, 2013.



오암석(Am-Suk Oh)

1997년 부산대학교 컴퓨터공학과 공학박사

1987년~1990년: LG연구소 연구원

현재: 동명대학교 디지털미디어공학부 교수

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