IoT를 기반으로 하는 서버 룸 실시간 모니터링 및 제어 시스템

박정규[1], 김재호[2*]
[1]창신대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수, [2]경상대학교 항공우주 및 소프트웨어공학전공 부교수

Real-Time Monitoring and Control System of Server Room based on IoT

Jung Kyu Park[1], Jaeho Kim[2*]
[1]Professor, Dept. of Computer Software Engineering, Changshin University
[2]Associate Professor, Dept. of Aerospace and Software Engineering, Gyeongsang National University

요 약 본 논문에서는 IoT를 기반으로 서버 룸의 환경을 실시간으로 모니터링하며 제어하는 시스템을 제안한다. 최근 정보화 사회가 극대화되면서 컴퓨터 시스템이 다운되었을 때 그 피해가 크다. 특히, 서버 룸의 화재와 같은 피해는 데이터의 손실로 이어지고 데이터 복구가 불가능하게 된다. 이와 같은 피해를 줄이기 위해서 IoT 시스템을 활용하여 실시간 모니터링할 수 있는 노드를 제안하였다. 또한, 노드의 정보를 취합하고 모니터링할 수 있는 코디네이터 노드를 제안하였다. 제안하는 시스템이 동작하는지 확인하기 위해 노드 모니터링 및 에어컨디셔너를 제어할 수 있는 소프트웨어를 개발하였다. 실험 결과 제안하는 시스템이 화재를 감지하고 상황에 따라 에어 컨디셔너를 제어하는 것을 확인하였다.

주제어 : 사물인터넷, 모니터링, 제어, 서버 룸, 에어컨디셔너

Abstract In this paper, we propose a system that monitors and controls the environment of a server room in real-time based on IoT. Recently, as the information society has been maximized, the damage has been significant when the computer system is down. In particular, damage such as a fire in the server room leads to loss of data and data recovery becomes impossible. In order to reduce such damage, a node capable of real-time monitoring using an IoT system was proposed. In addition, we proposed a coordinator node that can collect and monitor node information. In order to verify that the proposed system works, we have developed software that can control node monitoring and air conditioning. As a result of the experiment, we confirmed that the proposed system detects fire and controls the air conditioner.

Key Words : IoT, Monitoring, Control, Server Room, Air Conditioner

1. 서론

컴퓨터 시스템에서 동작 환경이 원인인 컴퓨터 하드웨어 문제가 전 세계 정보처리 시스템 다운 시간의 25%를 차지한다. 시스템 다운으로 인해 비즈니스 트랜잭션의 중단은 조직 및 개인 이미지 손상, 고객 손실 및 수익 감소를 가져온다. 이와 같이 현재 비즈니스 및 회사 운영은 서버 룸에 설치된 장비 및 컴퓨터 인프라 운영에 달려있

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2018R1C1B5046282).
*교신저자 : 김재호(jaeho.kim@gnu.ac.kr)
접수일 2020년 7월 27일 수정일 2020년 8월 20일 심사완료일 2020년 9월 8일
www.kci.go.kr

다. 서버 룸의 관리자는 반복되는 환경 요인을 제거하면서 네트워크 공격 및 네트워크 보안을 유지해야 한다[1,2].

하드웨어 고장으로 인한 시스템 가동 중지 시간의 주요 원인은 열이다. 온도와 습도 두 가지가 열 지수를 결정하는 구성 매개 변수이므로 잘 모니터링하고 제어해야 한다. 서버 룸의 효과적인 제어를 위해 모니터링 할 수 있는 다른 요소로는 진동, 누수, 정전, 조명, 침입, 연기 및 화재를 들 수 있다[3,4].

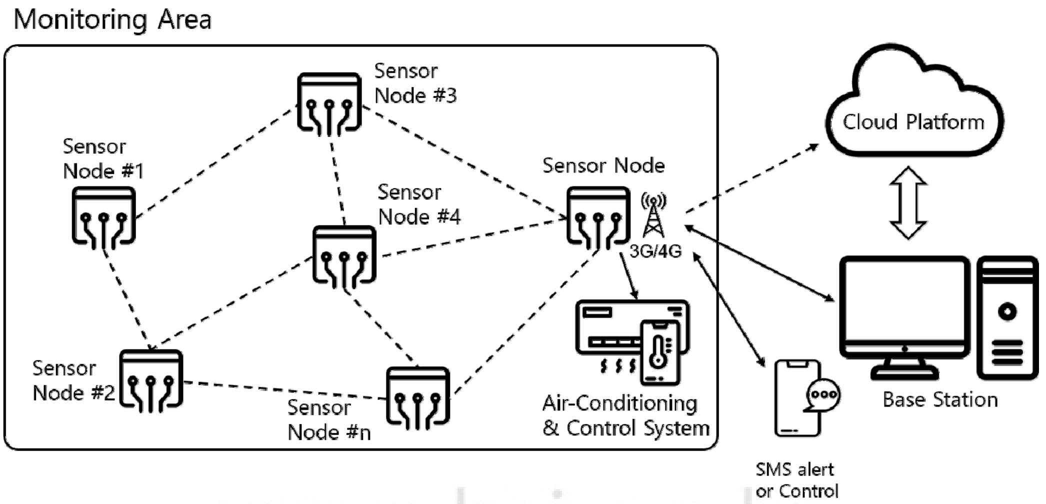
일반적인 서버 룸에는 열을 발생시키는 서버, 스토리지 시스템, 네트워크 인프라 구축 장비 등의 하드웨어가 밀집되어 있다[5]. 장비로 인한 매우 높은 열과 급격한 온도 상승은 결과적으로 습도를 증가시키는 반면에 빠른 온도 강하는 습한 공기를 응축시켜 장비 위에 습기가 생기게 된다. 이로 인해 장비에 문제가 발생하게 되고 장비 교체 비용이 증가하게 된다. 지속적으로 높은 습도를 유지하면 결로 및 곰팡이가 발생하여 회로 보드에 부식, 단락 등의 손상이 발생한다. 반대로, 반복되는 낮은 습도는 플라스틱 부품 고장 및 정전기 방전을 일으켜 하드웨어 품질 및 기능에 영향을 주게 된다. 이런 이유로 표준 서버 룸의 온도는 표 1을 참고하면 18~27 ℃, 습도는 38~48 %로 유지해야 한다. 또한, 온도 및 습도 외의 다른 환경 및 인적 요소를 잘 모니터링하고 제어해야 한다[6,7].

기존 연구에서 서버 룸의 상태를 모니티링 하고 있지만 처리 단계에서 문제점을 가지고 있다. 특히 Narkhede, Kiratkar, and Suryawanshi 의 연구에서 제안된 방법은 검증되지 않았으며 정확히 구현되지 않았다[8]. Mousavi 외 3인 그리고 Wang 외 5인의 연구에서는 일부 부분의 위험 요소만을 고려하였다[3,4]. 또한, 환경이 자주 변하는 상황에서 실시간 모니터링이 안되는 문제를 가지고 있다. 서버 룸의 다운을 피하기 위해서는 열과 다른 환경 요소를 실시간으로 모니터링하고 제어하는 것이 꼭 필요하다[7-9].

최근 사물 인터넷 (IoT) 장치는 다양한 문제를 해결하기 위해서 실시간 솔루션 프레임워크로 확장되고 있다. IoT에 사용할 수 있는 자원은 제한적이지만 장치들을 조합하여 다양한 서비스를 제공할 수 있다[10-15]. 예를 들어 장치의 센싱, 통신, 제어 기능을 인터넷과 통합하면서 강력한 기능을 제공할 수 있다. 본 논문에서는 이와 같은 IoT 장치를 이용하여 서버 룸의 효과적인 에어컨디셔닝 및 제어를 수행하는 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템에서는 서버 룸의 문제가 발생할 수 있는 다양한 환경 요소를 모니터링한다. 또한, 환경 변수를 임계값 내로 유지하기 위해 제어를 수행한다.

2. 실시간 제어 시스템

제안하는 시스템은 환경을 감지하는 3개의 센서 노드, 센서 노드를 조정하는 코디네이터 노드, 인터넷에 연결을 위한 WiFi 모듈, 경보시스템, 에어컨 시스템으로 구성되어 있다. 이 환경 구성을 통해서 서버 룸을 실시간으로 모니티링하고 제어한다. 제안하는 시스템 구성은 그림 1과 같다.



[Fig. 1] Proposed system architecture

www.kci.go.kr

〈Table 1〉 Guideline of datacenter temperature

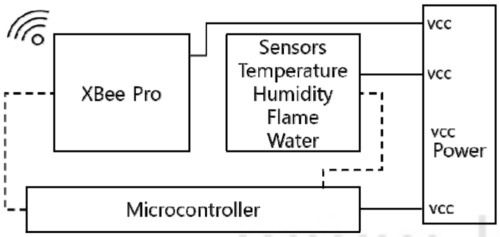
Vender	Low(℃)	High(℃)	Optimal(℃)
ASHRAE	18	27	
Enriomon	18	27	
Avtech	20	24	
Cisco	18	27	
Google			26.6
Dell	24	26	
HP	18	27	
IBM	18	27	
ServerCheck	18	27	
Oracle	21	23	22

2.1 하드웨어 설계

논문에서 제안하는 실시간 시스템을 구성하기 위해서 최근에 많이 사용하는 아두이노 마이크로 컨트롤러와 센서를 사용하였고, 에어컨 시스템 제어를 위해서는 제조사의 SDK를 활용하였다[16]. 현재 에어컨 시스템 제어 SDK는 제조사와 파트너쉽을 맺은 업체만 사용이 가능하다. 본 연구에서는 제조사와 파트너쉽을 맺은 1차 밴더와의 협력을 통해 일부분의 SDK를 사용할 수 있었다. 일반 사용자의 경우는 SDK는 사용이 불가능하고 스마트폰 앱을 이용하여 일부 기기의 몇몇 기능을 제어 및 모니터링이 가능하다.

2.1.1 센서 노드

제안하는 시스템에서 환경 정보를 가져오는 센서 노드를 구성하기 위해서 오픈 소스 플랫폼인 아두이노 우노와 아두이노 나노를 사용하였다. 센서 노드의 블록 다이어그램은 그림 3(a)와 같다. 그러나 센서 노드는 각각 목적에 맞게 센서를 사용하였다. 모든 센서 노드는 다른 노드 또는 코디네이터 노드와 통신하기 위해서 Digi 2.4 GHz Xbee Pro를 장착하였다[17]. 사용한 XBee Pro 모듈은 실내에서는 최대 90m, 실외에서는 최대 3.2km 까지 통신이 가능하다.

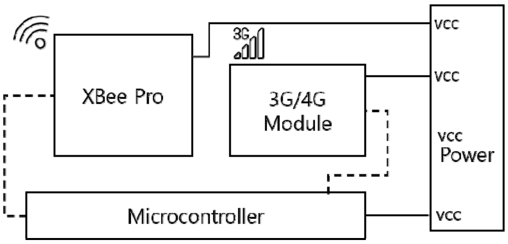


[Fig. 2] Block diagram of sensor node

1번 센서 노드는 온도 및 습도의 변화를 모니터링하기 위해서 Grove DHT11 온도/습도 센서를 사용하였다. DHT11 온도/습도 센서를 사용하여 서버 룸 내부의 3곳에 온도/습도를 측정하였다. 2번 센서 노드에는 MQ-5 가스 센서와 불꽃 감지 센서, CDS 조도 센서를 장착하여 화재를 감지할 수 있도록 센서를 조합하였다. 이때 화재 잠시는 센서의 조합으로 화재 감지의 정확도를 높였다 [18]. 제안하는 센서 노드의 블록 다이어그램은 그림 2와 같다.

2.1.2 코디네이터 노드

코디네이터 노드는 센서 노드의 데이터를 수신하는 하고 이를 베이스 스테이션으로 전송한다. 이때 코디네이터는 3G/4G 모듈을 장착하여 베이스 스테이션을 거치지 않고 바로 클라우드 플랫폼으로 데이터를 전송할 수 있다. 또한, 데이터 전송량이 많을 경우에는 데이터를 전송하지 않고 관리를 위한 문자메시지 (SMS)를 관리자에게 전송할 수 있다. 현재 구현에는 서버 룸의 전력을 따로 모니터링 하고 있지 않지만 필요에 따라 전력 모니터링을 통해서 정전 시 관리자에게 바로 문자메시지 전송이 가능하다. 제안하는 코디네이터 노드의 블록 다이어그램은 그림 3과 같다.



[Fig. 3] Block diagram of coordinator node

2.1.3 메시징/제어 장치

시스템에서 메시징/제어 장치는 그림 1의 오른쪽 아래에 위치한 휴대폰을 의미한다. 특히, 휴대폰은 3G/4G 통신이 가능한 스마트폰을 사용하는 것을 가정한다. 스마트폰을 이용하여 시스템에서 발생하는 상태 정보를 문자메시지로 수신할 수 있으며, 특정 상황에는 시스템 제어가 가능하다. 제어 부분은 다음 섹션에서 설명한다.

2.1.4 온도 제어 장치

서버 룸의 온도를 제어하는 가장 쉬운 방법은 에어컨디셔너를 이용하는 것이다. 그러나 서버 룸에서는 외부

www.kci.go.kr

기온에 따라 온도를 적절히 조정해 주어야 한다. 이를 위해서 온도 제어 장치가 꼭 필요하고 환경을 모티터링하여 미리 설정한 임계값을 유지할 수 있도록 조치가 필요하다. 본 연구에서는 외부에서 서버룸 온도를 제어하기 위해서 국내에 판매되는 에어컨디셔너 중에서 WiFi 통신이 가능한 최신 모델을 이용하였다. 이 제품은 기본적으로 WiFi 통신이 가능하지만 제조사의 SDK를 이용해서 제어하기 위해서는 WiFi 모뎀이 추가로 필요하다. 그림 4의 WiFi 모뎀을 에어컨디셔너 내부에 사전 장착하여 실험을 수행하였다.

[Fig. 4] WiFi module for air conditioner

2.2 소프트웨어 설계

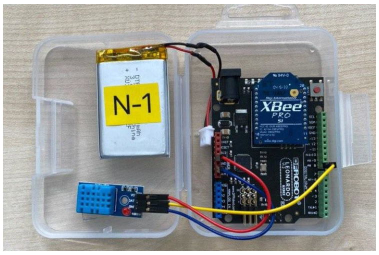
소프트웨어 설계에서는 센서노드가 아닌 코디네이터 노드에 대해서 설명한다. 코디네이터 노드에서는 센서 노드에서 전달된 데이터를 베이스 스테이션 및 클라우드로 전송이 가능하다. 본 연구에서는 베이스 스테이션으로 데이터를 전송하는 것을 기본으로 선택하였다. 또한, 코디네이터 노드가 베이스 스테이션에 바로 연결하여 실험을 진행하였다. 이렇게 설정한 이유는 코디네이터 전체 네트워크 설정, 센서 노드 데이터 통합 및 모니터링을 진행해야 하기 때문에 GUI 프로그램이 필요하기 때문이다. 제안하는 시스템을 제어하고 모니터링 하기 위해서 Microsoft C#을 이용하여 윈도우 프로그램을 자체 제작하여 활용하였다.

3. 구현 및 결과

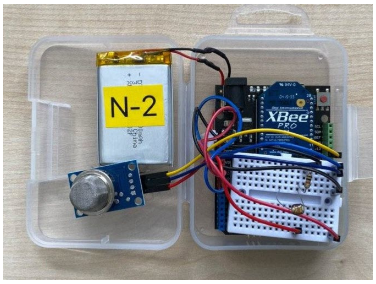
3장에서는 논문에서 제안하는 시스템 구현 내용과 실험 내용에 대해서 설명한다.

3.1 노드 구현

실제 시스템 구현에서는 3개의 센서 노드와 1개의 코디네이터 노드를 구현하여 실제 실험 환경에 배치하였다. 센서 노드는 기본 구조는 그림 2와 같이 구성하였다. 각 노드는 아두이노 우노 보드를 기반으로 각각 센서를 제어하여 환경 정보를 얻어서 그 정보를 코디네이터 센서로 전송한다. 그림 5(a)는 실제 구현된 센서 노드 1, 그림 5(b)는 노드 2를 표시하고 그림 5(c)는 코디네이터 노드를 표시한다.



(a) Node 1



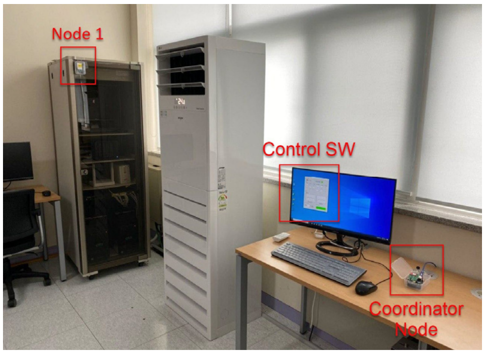
(b) Node 2

(c) Coordinator node

[Fig. 5] Implementation of the nodes

개발한 센서 노드들은 서버와 스토리지 시스템이 있는 실제 서버 룸에 각각 배치하였다. 또한, 코디네이터 노드는 제어 개발된 제어 소프트웨어가 설치된 컴퓨터에 연결하였다. 연결된 컴퓨터는 베이스 스테이션의 역할을 수행하였다. 그림 6은 실험장소로 사용된 서버룸을 표시하고 있다. 실험을 위해서 에어컨디셔너에는 내부에 WiFi 모듈을 사전이 설치하였다. 코디네이터 노드는 3G/4G 통신을 통한 외부 제어 명령을 수신하거나 에어컨디셔너를 제어할 수 있다.

www.kci.go.kr



[Fig. 6] Environment for experiment

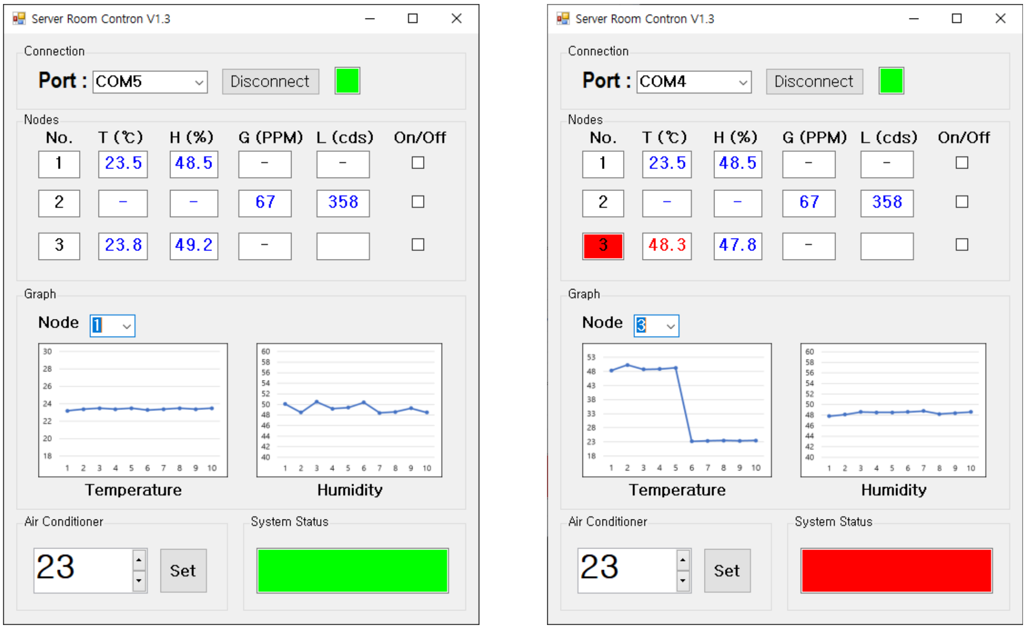
3.2 제어 소프트웨어

실험을 위해서 제작한 제어 소프트웨어는 크게 2가지 일을 수행한다. 첫 번째로 센서 노드의 상태를 실시간으로 모니터링할 수 있다. 현재는 3개의 센서 노드의 정보를 모두 표시할 수 있도록 하였다. 그리고 원하는 센서를 선택하면 그래프 형대로 표시될 수 있도록 하였다. 또한 각 센서의 상태를 색상으로 구분하여 표시하였다. 두 번째로 에어컨디셔너 제어를 GUI 화면에서 바로 가능하다. 화면에서 에어컨디셔너 온도 조정이 1 ℃ 단위로 가능하다.

그림 7은 실제 구현된 소프트웨어 화면을 표시하고 있다. 그리고 표 2에서는 실험 결과 데이터를 표시하고 있다. 실험에는 3개의 센서를 사용하였으며 3번째 센서 위치에서 화재가 발생하는 것을 가정하여 센서 앞에서 라이터를 이용하여 화재 모의 실험을 하였다. 그림 7(a)는 화재 실험 전 정상 상태를 표시하고 있다. 화재 모의 실험은 소방 방재 전문가 입회하에 실시하였다. 서버 룸의 경계값 (설정 값, 30 ℃)을 온도를 넘으면 에어컨을 서버실 최저 온도인 18 ℃로 낮추고 바람을 강하게 설정하도록 하였다. 또한, 코디네이터 노드에서는 알람을 울림과 동시에 통신 모듈을 이용하여 관리자에서 통보한다. 그림 7(b)와 같이 화면에 센서 및 해당 노드를 적색으로 표시하여 사용자가 바로 알 수 있도록 설계하였다.

에어컨 제조와 원격 제어를 위한 WiFi 모듈을 제작하는 업체에서는 개발자를 위해서 개발 도구 및 개발 환경을 제공하고 있다. 특히, 개발 환경에 제약 없이 제품을 제어할 수 있도록 REST(REpresentational State Transfer) API를 배포하고 있다. REST API는 HTTP 프로토콜을 사용하기 때문에 다양한 프로그래밍 언어에서 쉽게 통합이 가능하다.

본 연구에서는 Microsoft의 C# 언어를 이용하여 GUI 프로그램을 개발하였으며 REST API를 이용하여 에어컨을 모니터링하고 제어를 수행하였다.



(a) Normal stage (b) Warning state

[Fig. 7] Software for sensor node motoring and air conditioner control

www.kci.go.kr

〈Table 2〉 Test Results

Node	Temp.	Hum.	Gas	Light	Result
1	24.2	48.6	-	-	Normal
2	-	-	67	340	Normal
3	48.5	54.2	-	-	Fire

4. 결론

본 연구에서는 IoT 시스템을 활용하여 서버실을 실시간으로 모니터링하고 제어하는 시스템을 제안하고 구현하였다. 제안하는 시스템은 센서 노드를 사용하여 서버실 내부의 다양한 환경 정보를 취득하고 이 정보를 활용하여 에어컨디셔너 제어가 가능하다. 또한, 센서 노드는 다양한 종류의 센서를 사용하고 있어 화재뿐만 아니라 서버 룸에서 발생할 수 있는 다양한 종류의 문제점을 발견할 수 있다. 제안하는 시스템은 서버 룸과 같은 실시간 온도 제어가 필요한 환경에서 활용될 수 있다.

차후에는 센서 노드에 다중 센서를 사용하여 데이터 조합을 통해 화재 감지의 정확도를 높일 예정이다. 또한, 센서 노드와 코디네이터 노드의 데이터 전송 프로토콜을 개선하여 데이터 전송의 효율성을 높일 것이다.

ACKNOWLEDGMENTS

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2018R1C1B5046282).

REFERENCES

[1] M.O.Onibonoje, P.N.Bokoro, N.I.Nwulu and S.L.Gbadamosi, "An IoT-Based Approach to Real-Time Conditioning and Control in a Server Room," International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium(IDAP), pp.1-6, 2019.

[2] F.H.Purwanto, E.Utami and E.Pramono, "Design of Server Room Temperature and Humidity Control System using Fuzzy Logic based on Microcontroller," 2018 International Conference on Information and Communications Technology(ICOIACT), pp.390-395, 2018.

[3] A.Mousavi, V.Vyatkin, Y.Berezovskaya and X.Zhang, "Towards Energy Smart Data Centers: Simulation of Server Room Cooling System," 2015 IEEE 20th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation(ETFA), Luxembourg, pp.1-6, 2015.

[4] X.Wang, X.Wang, G.Xing, J.Chen, C.Lin and Y.Chen, "Intelligent Sensor Placement for Hot Server Detection in Data Centers," IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol.24, No.8, pp.1577-1588, 2013.

[5] P.C.Lohia and S.Sendh, "Energy Management and Performance Improvement in Telecommunication Server Rooms," IEEE International Telecommunications Energy Conference(INTELEC), pp.1-8, 2018.

[6] K.Sano, H.Shimizu, Y.Kondo and T.Fujimoto, "Improving Accuracy of Temperature Distribution and Energy-Saving Technology of Air Conditioners in Data Centers," IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, Vol.8, No.5, pp.811-817, 2018.

[7] K.A.Clark, Y.Chen, E.R.N.Fokua, T.Bradley, F.Poletti, D.J.Richardson, P.Bayvel, R.Slavík and Z.Liu, "Low Thermal Sensitivity Hollow Core Fiber for Optically-Switched Data Centers," Journal of Lightwave Technology, Vol.38, No.9, pp.2703-2709, 2020.

[8] P.Narkhede, B.Kiratkar, and B.Suryawanshi, "Physical Conditions Monitoring in Server Room Internet of Things," International Journal of Electrical and Electronics Research, Vol.3, No.4, pp.237-239, 2015.

[9] K.Cho, "Design and Diagnosis Case of Energy Eefficiency Diagnostic Solution based on IoT," Journal of The Korea Internet of Things Society, Vol.6, No.1, pp.23-30, 2020.

[10] K.Bang, "A study on IoT Platform for Private Electrical Facilities Management," Journal of The Korea Internet of Things Society, Vol.5, No.2, pp.103-110, 2019.

[11] J.K.Park and K.Nam, "Implementation of Multiple Sensor Data Fusion Algorithm for Fire Detection System," Journal of The Korea Society of Computer and Information Vol.25 No.7, pp.9-16, 2020.

[12] K.Zannas, H.E.Matbouly, Y.Duroc and S.Tedjini, "Self-Tuning RFID Tag: A New Approach for Temperature Sensing," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol.66, No.12, pp.5885-5893, 2018.

[13] K.Jang, "A Study on IoT Platform for Private Electrical Facilities Management," Journal of The Korea Internet of Things Society, Vol.5, No.2, pp.103-110, 2020.

[14] B.Knowles, A.Smith-Renner, F.Poursabzi-Sangdeh, D.Lu and H.Alabi, "Uncertainty in Current and Future Health Wearables," Communications of the ACM, Vol.61, No.12, pp.62-67, 2018.

[15] J.Lee, "Analysis of the Hardware Structures of the IoT Device Platforms for the Minimal Power Consumption," Journal of The Korea Internet of

www.kci.go.kr

Things Society, Vol.6, No.2, pp.11-18, 2020.

[16] LG ThinQ, https://thinqcloud.developer.lge.com/.

[17] DIGI XBee, https://www.digi.com/xbee.

[18] J.K.Park, Y.H.Roh, K.H,Nam and H.Y.Seo, "Fire Detection Method using IoT and Wireless Sensor Network," Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol.24, No.8, pp.131-136, 2019.

박 정 규(Jung Kyu Park) [정회원]

- 2002년 2월 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2013년 8월 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
- 2016년 3월 ~ 2007년 2월 : 서울여자대학교 초빙교수
- 2018년 3월 ~ 현재 : 창신대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수

〈관심분야〉
사물인터넷, 로보틱스, 임베디드 시스템

김 재 호(Jaeho Kim) [정회원]

- 2010년 2월 : 서울시립대학교 컴퓨터통계학과 (공학석사)
- 2015년 2월 : 서울시립대학교 컴퓨터과학과 (공학박사)
- 2017년 10월 ~ 2019년 10월 : 버지니아공대 박사후연구원
- 2019년 11월 ~ 2020년 8월 : Huawei Germany 연구원
- 2020년 9월 ~ 현재 : 경상대학교 항공우주 및 소프트웨어공학 전공 부교수

〈관심분야〉
스토리지 시스템, 운영체제, 컴퓨터구조, 멀티코어동시성

www.kci.go.kr