

센서 및 MCU기반 지능형 환기창 빅데이터전송용 시스템 안정화에 관한 연구

유희수*

A Study on the Stabilization of a System for Big Data Transmission of Intelligent
Ventilation Window based on Sensor and MCU

Hee-Soo Ryoo*

요 약

IoT와 센서를 기반으로 원격으로 제어할 수 있는 액추에이터 모듈의 지능형 환기 기능을 구현하기 위해, 실내 가스/CO2/습도 온도 및 실내/외 미세먼지 관련 실외 환경을 감지하는 사전 설정된 개수의 데이터를 기반으로 환기 포트를 개폐하기 위한 알고리즘 설계 및 구동 회로를 구성하여 환기창시스템을 구현하였다. 실내공기 순환모듈의 전송데이터관련 센서와 조건이 많아 데이터 저장·관리·분석에 어려움을 겪고 있다. 빅데이터 기술은 실내 공기 순환 시스템에 채택되어야 한다. 원격 모니터링과 원격 무선 제어 화면은 환기구시스템의 상태를 추출하여 관리함으로써 분리 및 작동 조건을 자동화할 수 있도록 구축되었다. 액추에이터 및 센서로 구성된 환기창시스템의 제어 및 센싱용 대량의 데이터전송 안정성을 확보하기 위해 MQTT를 적용하고 시스템 오류를 대비하여 운용의 빅데이터 안정적인 전송 보장을 위해 RocketMQ를 활용하여 시스템을 구성하였다.

ABSTRACT

In this paper, we made the integrated intelligent air ventilation of the actuator module that can be remotely controlled based on IoT and sensors. we implemented a ventilation window system by configuring an algorithm design and a driving circuit to control the operation of the actuator to open and close the ventilation port based on a predetermined number of data that detects indoor gas/CO2/humidity temperature and outdoor fine dust related indoor/outdoor environment. It is difficult to store, manage, and analyze data due to the large number of sensors and conditions for the transmission data of indoor air circulation module. The remote monitoring and remote wireless control screens were constructed to automate the separation and operation conditions by extracting and managing the state. We apply MQTT to enhance big data transmission and construct the system using Rocket MQ to ensure safe transmission of operational big data against system errors.

키워드

IoT, MQTT, sensor, actuator, Bluetooth
아이오티, 엠큐티티, 센서, 액추에이터, 블루투스

*교신저자: 엔에이치네트웍스(주) 수석연구원

• 접수일 : 2021. 04. 13
• 수정완료일 : 2021. 05. 15
• 게재확정일 : 2021. 06. 17

• Received : Apr. 13, 2021, Revised : May. 15, 2021, Accepted : Jun. 17, 2021

• Corresponding Author : Hee-Soo Ryoo
Dept. ICT Convergence Research Headquarters,
Email : danielh0609@gmail.com

1. 서론

여행객들과 발코니는 당초 실외 공간으로 설계되었지만, 실내 공간으로 사용하고자 베란다 창호를 설치하게 되므로 필연적으로 온도 차에 의하여 결로가 발생하고, 사용자의 생활환경(냉난방, 환기 등)에 의해 발생한 결로가 시간이 지나면서 곰팡이로 발전하게 된다[10]. 예를 들면 대부분의 입주자들은 발코니에 세탁기를 놓고 사용하고 있는데, 세탁할 때 사용한 온수를 배수하는 과정에서 수증기가 발생 된다. 발생한 수증기는 환기를 통해 습도율을 낮추어야 하지만 환기가 제대로 되지 않아 그 습기는 결로수가 되어 결국 곰팡이로 발전하고 내실자의 건강을 해치게 된다[7]. 황사와 초미세먼지가 많이 발생하는 최근에는 창문을 열고 생활하기 힘든 현실인데 쾌적한 생활환경을 위해 실내의 공기가 탁해지는 것을 방지하고 실내·외의 풍속, 온도, 습도 등을 자동으로 감지하여 2시간에 1회 정도 환기시킬 수 있는 지능형 환기구가 필요하다[11-12]. 즉, 새집증후군, 미세먼지 문제가 날로 심각해지면서 공기질에 대한 소비자의 인식도 높아졌고 다양한 제품이 개발되어 국내·외 시장이 빠른 속도로 발전하고 있는 추세이다[1-6]. 본 연구는 기존의 문제를 해결하기 위하여 실내 설치된 환기장치 및 사용자 단말과 연동되어, 실내의 대기 환경에 따라 환기장치를 제어하기 위해, 실내외 대기 환경을 감지하는 환경감지 센서에서 습득된 환경 데이터를 수신하는 수신부, 복수의 환경요소에 따라 기설정된 제어 기준이 저장된 데이터베이스, 환경 데이터와 제어 기준을 비교 분석하여 환기장치의 개폐 여부 및 개방 시간을 결정하는 판단부를 포함하여 환기장치를 제어하는 제어 모듈 및 환경 데이터 또는 판단부의 판단 결과를 디스플레이 하는 표시부와 데이터베이스에 설정된 제어 기준을 변경하는 조건 변경부를 포함하고 있다. 또한 사용자 단말에 설치되는 제어 애플리케이션을 포함하고, 조건 변경부에서 제어 기준이 변경되는 경우, 수신부에서 변경된 제어 기준을 수신하며, 판단부에서 변경된 제어 기준으로 판단한다[9].

실내상황 인지기반 환기구 작동 알고리즘의 전체적인 개요와 실내환기의 기준을 유지하도록 환기 요소별 민감도와 센서의 검출수치에 의한 환기량과 제어의 우선순위에 의한 무선통신기반 원격제어를 위한 data 전송 방법을 구현하였다. 제안한 전송 프로토콜로 실현한 결과를 기존의 data 통신들과 다르게 적은 packet으로 고속통신하도

록 구성하였고, 통신으로 주고받는 data를 실시간 처리하고, 통신오류 발생 시 특별한 알고리즘을 활용하여 임시 저장하여 장애 해결 시 그 임시저장한 data를 처리하는 시스템을 연구하였다.

II. 주요 연구 모듈 및 시스템

2.1 실내 환기시스템 구성과 센서모듈

기존 건축물에도 쾌적한 실내공기 질 확보를 위해 정교한 제어와 운전이 가능한 지능형 환기시스템을 연구하기 위해 한국의 기후 특성과 생활양식에 적합한 최적의 환기시스템 구축하면, 실내공기질 관리를 위한 원격유지관리시스템으로 고객 만족을 실현할 수 있을 것이다 [13-14]

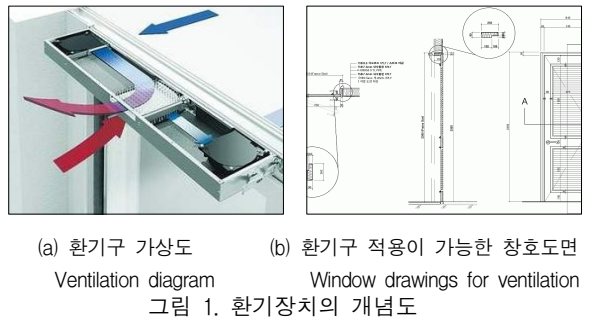


Fig. 1 Virtual layout for integrated circulation apparatus

표 1. 기존 실내 환기시스템의 문제
Table 1. The problem of indoor ventilation system

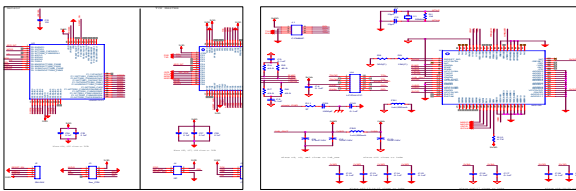
Problem	Description
Needs for low noise design of ventilation system based on fan driving technology	<ul style="list-style-type: none"> - By adopting an induction motor, an asynchronous motor that is advantageous for constant speed driving, the ventilation opening structure for noise reduction was improved, and the sound absorbing material was rearranged to proceed with the simulation. - Structurally robust and inexpensive variable control, brushless DC motor simulation
Existing buildings also need an intelligent ventilation system to ensure comfortable indoor air	<ul style="list-style-type: none"> -In order to build a quieter and more comfortable indoor ventilation system, sophisticated control and operation modes have been developed for the simple exhaust of indoor air - In high-rise apartments, it is difficult to open windows and ventilate the room due to frequent occurrence of yellow dust and fine dust. For natural ventilation, individual ventilation ports can be easily operated and

quality	low-noise ventilation ports that can be operated 24 hours are required
Necessity to establish an optimal ventilation system suitable for Korea's climate characteristics and lifestyle	<ul style="list-style-type: none"> - Development of actuator-based ventilation cover and IoT-based ventilation system - Event (fire occurrence and high-concentration gas detection), operation status management and remote control setting program development

이러한 문제점들을 해결하기 위해 실내의 대기 환경으로서 실내·외의 풍속, 온도, 습도 등을 종합적이며 자동적으로 고려하여 주기적으로 실내공기를 환기시킬 수 있는 환기 시스템에 관한 추가적인 연구 개발을 진행하였다.

2.2 센서기반 액추에이터 동작모듈 및 센서모듈

먼저, 환기구의 제어 장치 개발 및 센서 모듈 및 모터소음 저감 및 환기구의 제어 장치를 고안하기 위해 환기예측 시나리오 개발 및 제어알고리즘 시뮬레이션을 진행하였다[그림 2]. 창호 일체형 환기장치의 소음제어 방안 제시용 시뮬레이션은 환기구 소음을 저속에서 32dB 이하로, 중속에서 38dB 이하로, 고속에서 40dB 이하를 만족하도록 설계 제작하였다.



(a) Sensor control signal (b) Actuator control layout
 그림 2. 액추에이터 및 센서관련 회로배치도
 Fig. 2 The concept design for the operation of actuator and sensor

둘째, 지능형 환기구의 원격제어 및 상태관리 모듈을 구현하기 위해, 환기구 동작 관련 실내 Gas/CO₂/습온도와 실외 미세먼지관련 센싱 수치 및 상태관리 메뉴화면을 구성하였고, 환기구 동작관련 실내 Gas, CO₂, 습온도와 실외 미세먼지관련 센서 및 액추에이터의 동작과 상태관리용 프로토콜 연구하였다[그림 3].

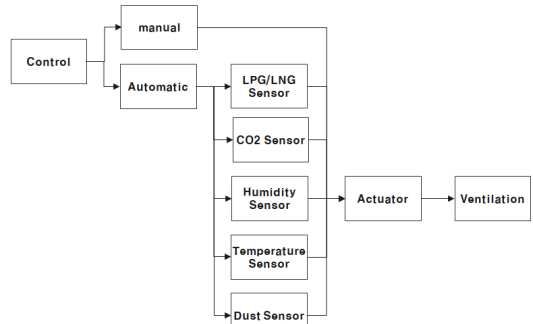


그림 3. 센서네트워크용 신호데이터 흐름도
 Fig. 3 The signal and data flow for the sensor network

또한, 환기구 동작 관련 센서 및 상태관리용 알고리즘을 고안하기 위해 data 흐름을 연구하였다[그림 4]. 본 연구는 환기 제어 시스템으로서, 실내외 대기 환경을 종합적으로 고려하며, 기설정된 기준에 따라 환기장치를 자동적이며 주기적으로 제어할 수 있는 제어 시스템을 제공한다.

III. 환기구 운용 데이터 전송을 위한 연구 시스템 정의

3.1 환기 시스템 설계구조 제안방식

[그림 4] 환기 제어모듈은 환경감지 센서, 실내 설치된 환기장치 또는 사용자 단말과 연동되어, 실내외 대기 환경에 따라 환기장치를 제어한다. 환기 제어 시스템은 환경감지 센서에서 측정된 환경 데이터를 수신받아 환기장치를 제어할 수 있으며, 또는 사용자 단말에 설치된 사용자의 제어 애플리케이션으로부터 제어 명령을 수신·전달받아 환기장치를 제어할 수 있다.



그림 4. 환기 모니터링 시스템 구성도
 Fig. 4 The air circulation monitoring system

본 연구의 성능시험을 위해 사용된 서버 컴퓨팅 파워는 다음 [표 2]와 같다.

표 2. 시스템시험을 위해 사용한 자원 요건
Table 2. The required resources for Test

Category	Parameter
CPU	Intel core i5 2.9 GHz
Memory	68 GB
SSD	1 T
OS	CentOS 7
Network	1000 MPS

3.2 환기 시스템용 데이터 전송보장방법

네트워크 전송 계층은 시스템 데이터 교환을 위한 매체이다. 본 연구 시스템의 데이터는 실험에서 얻고 실험 환경이 복잡하여 데이터의 정확성과 안전성이 일정해야 한다. 시스템의 네트워크 전송 계층은 데이터 보안보장, 전송의 신뢰성, 대용량 데이터전송 및 데이터 상호작용 지연도가 낮아야 한다[8].

근거리 LAN 무선 통신 기술 및 장거리 광역 네트워크 통신 기술을 선택하는 것 외에도 네트워크 전송 계층에서 또 다른 중요한 요소는 네트워크 통신프로토콜이다. 오늘날 TCP기반으로 사물 인터넷(Internet of Things) 네트워크 통신 기술에 비교한 결과를 보면 [표 3] MQTT의 유연한 서비스 품질, 간단하고 빠른 구현, 낮은 자원 활용도가 다른 네트워크 통신 프로토콜보다 시스템에 더 적합하다는 것을 알 수 있다[16-17].

표 3. MQTT 통신프로토콜 특성
Table 3. The characteristics of communication protocols

Communication Protocol	Advantage	Shortcoming
MQTT	The data package is lightweight, convenient to use, and easy to build communication services.	Lack of encryption due to TCP-based connections

연구한 시스템은 MQTT 기술을 사용하여 브로커가 수신한 대용량 데이터를 실시간으로 처리하여, RocketMQ

를 통하여 실시간으로 다른 서버에 배포하고 각 서버간의 디커플링 및 비동기 효과를 구현하였다. 만약 개별 서버에 문제가 있으면, 그 생성데이터가 RocketMQ에 누적된다. 예를들면 각 클라이언트가 지속적으로 센서 데이터를 전송하는 경우, 일부 데이터 처리 서버에 문제가 발생하면 다른 서버는 영향을 받아 모든 서버가 data 처리를 하지 못하게 된다. [그림 5]초당 5000개의 데이터 처리를 위해 RocketMQ 피크셰이빙 사용할 수 있지만, 오류발생 시 서버가 초당 3000개의 데이터만 처리한다면, RocketMQ 서버는 매번 2600개의 새로운 데이터와 400개의 오래된 데이터만 처리하고 나머지 데이터는 누적을 위해 브로커에 일시적으로 저장되고 천천히 처리되도록 방법을 고안하였다.

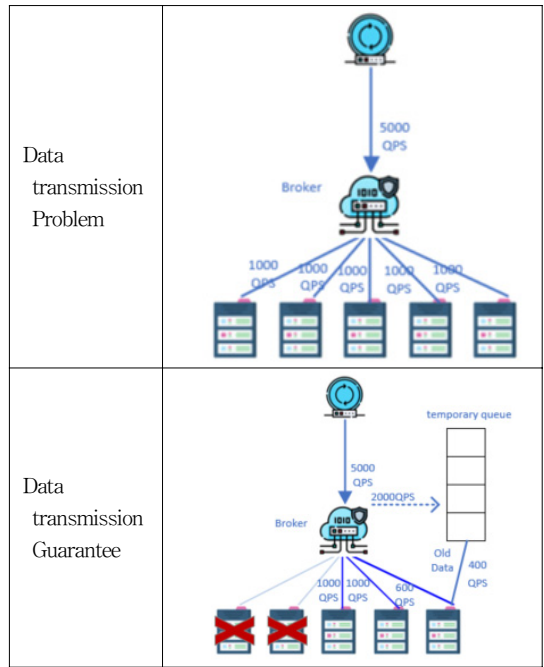


그림 5. RocketMQ 기반 데이터전송 방법
Fig. 5 The data transaction method based on RocketMQ

IV. 실험 결과 및 고찰

본 연구의 시스템은 실내의 대기 환경으로서 온도, 미세먼지농도, 이산화탄소농도 등을 종합적으로 고려하

여 환기장치를 제어할 수 있으며, 실내의 대기 환경을 주기적으로 감지하여 실내 대기 상태에 따라 환기장치의 개폐 여부 또는 개방 시간을 제어할 수 있는 장점을 갖는다.

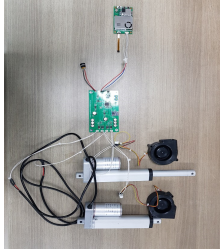


그림 6. 환기 모니터링 시스템용 제어 및 센서보드
Fig. 6 The sensing and control board for the air circulation monitoring system

[그림 6]과 같이 실내 환경감지 센서는 실내외에 각각 설치되어 실내의 환경을 감지할 수 있다. 환경감지 센서는 가스(LNG, LPG) 감지 센서, 이산화탄소 감지 센서, 온습도 센서, 미세먼지 감지 센서를 포함하고 있다. 또한, 환경감지 센서는 실내외에 설치되어 설정된 일정 주기마다 반복적으로 실내외 대기 환경을 측정하여 환경 데이터를 습득할 수 있다. 환기제어 시스템을 통하거나 환경감지 센서에 실내외 환경을 감지하는 주기를 설정할 수 있다. 또한, 환기장치는 사용자가 직접 환기장치를 구동시키지 않고, 제어 모듈 또는 제어 애플리케이션을 통해 간접적으로 제어하므로, 황사와 미세먼지가 빈번하게 발생함에도 창문을 열고 실내를 환기하기 어려운 초고층 아파트에서도 쉽게 작동시킬 수 있다. 또한, 환기장치는 24시간 계속해서 구동되어야 하므로 저소음으로 동작될 수 있다. 환기장치는 창호 일체형으로 설치될 수 있으며, 소음제어를 위한 시뮬레이션을 통해 저속에서 32dB 이하로, 중속에서 38dB 이하로, 고속에서 40dB 이하로 구동된다.

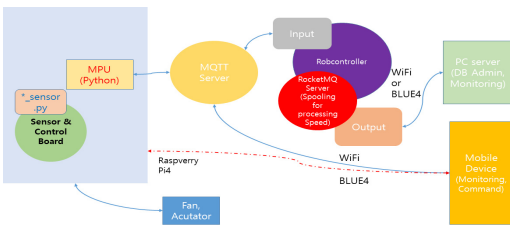
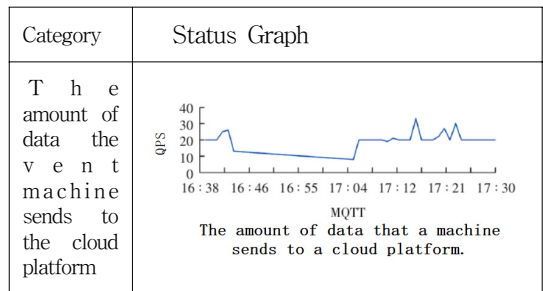


그림 7. 환기 모니터링의 데이터흐름도
Fig. 7 Data flow for the air circulation monitoring system

[그림 7]왼격지에 놓여지는 관리서버용 데이터베이스는 복수의 환경요소에 따라 기설정된 제어 기준을 저장하였고, 수신부에서 수신된 실내외 대기 환경에 대한 환경 데이터도 날짜, 시간에 따라 저장하였다. 데이터베이스에 저장되는 제어 기준은 복수의 환경 요소(가스, 이산화탄소, 미세먼지, 온습도 등)에 대해 각각 설정되도록 하였다. 이러한 환경요소에 대한 제어 기준은 국제적인 환경기준 또는 사용자 개인에 따라 다르게 설정할 수 있고, 사용자 단말은 사용자가 소지하며 조작할 수 있는 전자기기로서, 스마트폰, PC, 태블릿 등으로 구성할 수 있도록 하였다. 본 시스템의 테스트 시험을 통하여 구현된 데이터 흐름은 주로 두 방향으로 나누어진다.

- 업 링크 데이터 : 환기장치가 실내 환경 데이터를 획득한 후 WiFi를 통해 클라우드 플랫폼에 배포하고 클라우드 플랫폼은 MQTT규칙과 엔진의 데이터 규칙(publish/subscribe)에 따라 Web/Mobile APP 클라이언트로 데이터를 전송하여 원격적으로 감시한다.

- 다운 링크 데이터: 사용자는 Web/Mobile APP 인터페이스를 통해 클라우드 플랫폼에 제어명령을 전송한다. 예를 들어 스위치, 팬 속도를 클라우드 플랫폼은 MQTT의 규칙에 따라 이 명령어를 환기장치로 전송하고 실행한다. 이 중 Cloud의 IoT 플랫폼 단말기의 통신 플랫폼을 통해 MQTT 규칙에 따라 쉽게 장치 간의 데이터 전송을 관리하며, 클라우드 플랫폼은 데이터에 대해 분석하고 통제할 수 있다. 전송의 데이터에 투명하고 편리하게 디버깅한다. 전체 모형은 MQTT 프로토콜을 사용하여 통신을 실시하기 때문에 단말기에 캡슐화된 MQTT 프로토콜로 클라우드 플랫폼에서 받은 JSON 데이터를 분석한다. 이 시스템은 Cloud에서 업 링크 데이터와 다운 링크 데이터의 전송 상황을 볼 수 있다. 다음 [그림 8]과 같다.



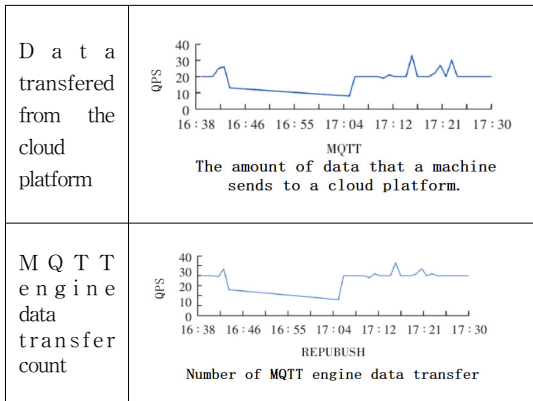


그림 8. 데이터전송 실험 결과
Fig. 8 The results for transmitting data

V. 결 론

본 논문에서는 IoT기반 센서연동 지능형 환기구의 센싱된 수치값을 고려한 통합센서들의 모듈작동에 의한 환기창 개폐가 이루어지도록 하였다. 실내 환경분석을 통해 맞춤형 운용가이드와 환기알람 서비스(통합실내 쾌적지수에 따른 내외의 온습도 변화와 미세먼지와 같은 공기오염을 감지)로 쾌적한 주거환경으로 만들어 줄 것이다. 스마트 창문의 통합제어를 위한 IoT 기술이 결합되어 사용하는 스마트폰을 통해 실내 정보를 쉽게 확인하고 zone별로 적합한 공기 조건을 설정할 수 있을 것이다. LED를 활용하여 좋고, 나쁨을 3가지 색상으로 표시하였다. 근래에는 4차 산업혁명의 바람을 타고 창문도 단순한 채광과 환기의 기능을 넘어 거주자의 생활의 질을 높이기 위해 자동 환기 기술이 적용된 스마트 창문은 온습도 센서가 환기장치가 부착되어 있어서 자동적으로 개폐가 이루어진다[15]. 연구개발된 시스템에 추가로 중형 배터리가 부착되거나 계통 전원과 연계 시 투명 또는 불투명하게 변경되는 창문으로서 블라인드를 사용하지 않고도 실내로 들어오는 빛의 세기를 자유롭게 조절하는 스마트유리를 설치하거나, 인터넷을 통하여 수집한 일기예보 및 실외 미세먼지농도 등의 정보를 표시하여 주는 디스플레이 기능을 갖춘 창문이 개발되고 있어서 바쁜 아침 시간에 하루의 날씨 변화를 빠르게 알 수 있게 될 것이다. 또한 집에 도둑이 침입하면 실내 움직임을 감지하여 알림 문자와 영상을 스마트폰으로 보내주는 방법 창문도 운용이 가능

하기를 기대한다. 아울러 다양한 환경 측정 센서(호흡기 자극제 농도, 곰팡이, 새집증후군의 원인 VOCs 실내환경 요소 등)로 실내 환경 상태 측정을 할 수 있는 게이트웨이 플랫폼을 개발하여 실내 설치된 스마트 IoT 청정시스템 및 스마트 앱과의 연동을 통한 각 위치별 측정 데이터를 통합, 수집, 관리하는 스마트 IoT 환기시스템으로 개발을 향상해나갈 것이다.

References

- [1] H. Chang and H. Kim, "A Study on Ventilation Characteristics Made by Thin Line Type Ventilator in an Apartment House" *The Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea (SAREK)*, vol. 23, no. 3, 2011, pp. 201-207
- [2] C. Song, T. Kim, and S. Lee, "The Analysis on the Variation of the Ventilation Rates by Wind Pressure and Temperature Difference between Indoor and Outdoor in the Multi-Story Type Double Skin Facade applied to the Office Building," *Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, vol. 15, no. 2, 2015, pp 123-131.
- [3] H. Chung, K. Chung, and S. Shin, "A Study on Analysis Method for Performance Evaluation of Double-leaf facade of Office Building," *The Korean Society for Energy*, vol. 21, no. 2, 2012, pp. 168-178.
- [4] C. Song, T. Kim, and S. Lee, "The Analysis on the Variation of the Ventilation Rates by Wind Pressure and Temperature Difference between Indoor and Outdoor in the Multi-Story Type Double Skin Facade applied to the Office Building," *Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, vol. 12, no. 2, 2015, pp. 123-131.
- [5] T. Kang, "An Experimental Analysis of Ventilation Effectiveness using Tracer gas" *I Journal of the Korean Society of Marine Engineering*. 30, no. 2, 2006, pp.260-266
- [6] Y. Cho, "Smart Windows and Doors Platform for

- Providing Optimized Inner Environment," *Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 25, no. 5, 2015, pp. 464-469.
- [7] S. Cho, "A Study on the Improvement of Natural Ventilation Performance in the Roof Ventilator," *ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA*, vol. 19, no. 4, 2003, pp. 147-154.
- [8] I. Calvo, J. Gilgarcia, I. Recio, and A. Lopez, "Building IoT Applications with Raspberry Pi and Low Power IQRf Communication Modules," *Electronics*, vol. 5, no. 3, 2016, pp. 62-78
- [9] H. Ryoo and G. Park. "Development of intelligent ventilation window system based on indoor environment recognition," *INCA Convergence Conference*, Jeju, South Korea, July 2020, pp. 127-130.
- [10] G. Brager and R. de Dear, "Climate, Comfort, & Natural Ventilation: A new adaptive comfort standard for ASHRAE Standard 55," *Center for the Built Environment, UC Berkeley*
- [11] G. Gan, "Effective depth of fresh air distribution in rooms with single-sided natural ventilation," *Energy and Buildings*, vol. 31, no. 1, Jan. 2000, pp. 65-73.
- [12] E. Gratia and A. Herde, "Is day natural ventilation still possible in the office buildings with a double-skin façade," *Building and Environment*, vol. 39, no. 4, Apr. 2004, pp. 399-409.
- [13] L. Gu, "Airflow network modeling in EnergyPlus, Proc. Building Simulation 2007," *10th International Building Performance Simulation Association Conference and Exhibition*, Beijing, China, Sept. 2007.
- [14] R. Atmoko, R. Riantini, and M. Hasin, "IoT real time data acquisition using MQTT protocol," *Journal of Physics: Conference Series*, Surabaya, Indonesia, Aug. 2017.
- [15] Y. Shinada, K. Kimura, and H. Katsuragi, "Natural Ventilation System for a School Building Combined with Solar Chimney and Underground Pit," *Proceedings of Clima 2007 WellBeing Indoors*, Toyohasi University
- [16] H. Jung, "Study on the MQTT protocol design for the application of the real-time HVAC," *International Journal of Internet, Broadcasting and Communication*, vol. 8, no. 1, 2016, pp. 19-26.
- [17] K. Hwang, H. Park, J. Kim, T. Lee, and I. Jung, "An Implementation of Smart Gardening using Raspberry pi and MQTT", *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC)*, vol. 18, no. 1, Feb. 2018, pp. 151-157.

저자 소개



유희수(Hees-Soo Ryoo)

1987년 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1989년 한양대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2012년 전남대학교 대학원 전자컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

1989-2020년 삼성전자 선임, 리얼네트웍스 이사, GIS T 선임, 전남대학교 교수, 호남대학교 교수

2021년~ 엔에이치네트웍스 ICT융합연구본부장

※ 관심분야 : EMS통신시스템, ICT원격제어통신

