

실시간 관측 및 제어가 가능한 IoT 저수조 관리 시스템

권민서¹, 김우주¹, 이재준¹, 조오현^{2*}

¹충북대학교 소프트웨어학과 학생, ²충북대학교 소프트웨어학과 교수

IoT-based Water Tank Management System for Real-time Monitoring and Controlling

Min-Seo Kwon¹, U-Ju Gim¹, Jae-Jun Lee¹, Ohyun Jo^{2*}

¹Student, Dept. of Computer Science, Chungbuk National University

²Professor, Dept. of Computer Science, Chungbuk National University

요 약 실시간 제어는 관리 시스템의 실질적인 사용을 확인하기 위해 해결해야 하는 주요 과제였다. 이와 관련하여 편의성과 효율성을 높이기 위해 처음으로 사물인터넷(IoT) 기반 저수조 시스템을 제안 및 개발하였다. 저수조의 상태가 불안정할 경우 사용자에게 알려 저수조를 효과적으로 제어할 수 있다. 제안된 시스템은 센서 데이터 측정 및 제어를 위한 내장형 H/W 장치, 웹 및 모바일 앱을 통한 관리 서버 구축을 위한 애플리케이션 S/W, 통계 관리 및 모니터링을 위한 효율적인 데이터베이스 구조로 구성되어 있다. 또한 기계 학습 알고리즘을 적용하여 실제 효율성을 더욱 향상시킬 수 있다.

주제어 : IoT(Internet of Things), 유비쿼터스, 실시간, 저수조, 관리 시스템, 모니터링

Abstract Real-time controllability has been a major challenge that should be addressed to ascertain the practical usage of the management systems. In this regards, for the first time, we proposed and implemented an IoT(Internet of Things)-based water tank system to improve convenience and efficiency. The reservoir can be effectively controlled by notifying the user if the condition of the reservoir is unstable. The proposed system consists of embedded H/W unit for sensor data measuring and controlling, application S/W for deployment of management server via web and mobile app, and efficient database structure for managing and monitoring statistics. And machine learning algorithms can be applied for further improvements of efficiency in practice.

Key Words : IoT(Internet of Things), Ubiquitous, Real-Time, Water Tank, Management System, Monitoring

1. 서론

1.1 연구의 필요성 및 목적

저수조는 물을 저축하는 시설, 설비라는 의미로 수도 용수 외에 공업 용수, 방화 용수 등의 용도가 있다. 저수조는 사람이 직접 마시는 식수를 저장할 수도 있으며 다른 용도로 사용하는 대부분의 경우에도 물의 중요성이

매우 높기 때문에 정확하고 안전한 관리가 필수적이다. 현재 운영되고 있는 대부분의 저수조는 사람의 오감에 의존하여 관리되고 있다. 이에 인적 물적 자원은 상당히 낭비되고 있으며 관리가 비효율적이라는 문제가 존재한다[1,2].

최근 학계와 산업 전반에서 급속히 발전하고 있는 유비쿼터스 기술을 통합하고 새롭게 확장하기 위한 개념으

*This research was supported by the MSIT(Ministry of Science and ICT), Korea, under the Seoul Accord Vitalization Program(IITP-2018-2012-1-00598) supervised by the IITP.

*Corresponding Author : Ohyun Jo(ohyunjo@chungbuk.ac.kr)

Received October 18, 2018

Accepted December 20, 2018

Revised November 16, 2018

Published December 31, 2018

로써 사물인터넷(Internet of Things: IoT)이 대두되고 있다. 사물인터넷이란 센싱(Sensing) 기술과 유·무선 통신 기술을 활용하여 실제 세계에 존재하는 공간, 사물, 사람, 데이터, 다양한 정보 등 모든 사물들(Things)이 인터넷을 통해 가상의 공간에서 마치 살아있는 생명처럼 유기적으로 연결(networking)되어 실시간으로 정보들 간에 서로 의사소통하는 기술 및 서비스를 뜻하며 사물 인터넷 기술을 통해 인적 자원의 효율성을 극대화 할 수 있다[3-6].

일례로, 현재 농촌기피 현상으로 인해 저수조 관리는 소홀해 지고 있다. 이로 인해 발생하는 여러 가지 문제 중에 가장 먼저 나타나는 문제점은 수자원오염이다[7,8]. 생활수준이 높아지면서 환경에 대한 관심이 높아져 저수조에 대한 오염여부는 민감한 부분으로 부각되고 있다. 이로 인해 수질을 확보하여 건강을 유지시킬 수 있는 방안 마련이 절대적으로 필요한 시점에 있다[9,10].

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 저수조 시스템에 사물인터넷 기술을 접목하여 효율적인 관리 및 제어 기술을 제안한다. 수위, 수온 데이터뿐만 아니라 탁도, 수질 데이터를 모니터링하고 수위가 불안정한 경우 자동으로 알람을 제공 한다. 또한 시간, 날짜별 통계 데이터를 제공하고 환풍기를 실시간 제어하여 저수조 사고를 예방할 수 있다. 이에 따라 실시간으로 정확한 정보를 전달하고 제어할 수 있게 함으로 사용자의 효과적인 저수조관리가 목적이다.

1.2 논문 구성

본 논문의 구성은 다음과 같다. 본론의 2장에서는 저수조 관리 시스템에 대한 관련연구와 사물인터넷을 통해 연구되고 있는 기술에 대해 파악한다. 3장에서는 제안한 시스템의 구조와 주요기능을 설명한다. 4장에서는 구현된 결과와 기대효과에 대해 설명한다. 마지막으로 5장에서는 최종적인 결론과 향후연구에 대해 설명한다.

2. 관련 연구

2.1 저수조 무선 통합 관리 시스템 개발

인적 자원의 낭비를 줄이고 저수조를 실시간으로 시각화 및 관리하기 위한 연구가 [1]에 제안된 바 있다.

해당 연구에서는 저수조 수위에 따라 수위를 감지하

고 무선으로 펌프를 가동한다. 이때 저수조에서 일어나는 각종 데이터를 각 시간 단위로 로그를 기록한 후 데이터베이스에 저장된다. 저장된 데이터를 기반으로 펌프 동작, 펌프고장, 수위, 태양전지고장, 약품, 전화회선을 감지한 후 실시간으로 결과를 가시화한다. 저수조 운영을 총괄 관리하기 때문에 실시간 저수조 상태 파악이 용이하며 수자원의 오염 시 대처가 신속하다. 그리고 사람이 아닌 시스템에 의한 자동화된 관리를 함으로 환경 친화적이며 관리자의 업무효율 개선 및 체계적인 데이터관리로 오차율을 최소화 하고자 하였다. 하지만 단지 측정된 데이터의 시각화와 펌프제어를 하는 기능만을 제공하여 실시간 관측과 제어가 불가능하고 사용자의 편의에 부합하는 통계, 알람기능 부재의 한계가 있다. [1].

2.2 IoT 기반 냉동컨테이너 실시간 관리 시스템

IoT 기반의 실시간 관리를 목적으로 하는 냉동 컨테이너의 동작 상태를 모니터링 해주는 시스템이 제안되었다[11].

전체 물류 운송 과정 중 냉동컨테이너를 실시간으로 관리 할 수 있는 시스템의 부재로 인해 신선농산물의 운송 중 부패여부를 확인하기 위한 용도로 제안되었다. 기존의 냉동컨테이너는 모니터링만 가능할 뿐 설정온도 관리 등 원격 관리 및 육상 운송 중 실시간 모니터링이 불가능하였다. [11]의 제안 방안에서는 별도 추가 통신 인프라가 필요 없이 냉동컨테이너의 동작정보를 원격지에서 모니터링 가능하도록 하였다.

해당 시스템은 IoT 기반으로 실시간 상태를 모니터링 하고 온도관리와 같은 동작을 컨트롤 할 수 있는 측면에서 본 연구의 제안 방안과 유사한 점이 있으나, 적용 어플리케이션의 한계가 있으며 실시간으로 관측과 제어가 Web/App으로 모두 가능하지 않다.

3. IoT 기반 저수조 관리 시스템

본 연구에서는 기존 연구의 한계를 극복하기 위하여 ESP32 MCU [12] 기반의 IoT 기능이 탑재된 실시간 관리 시스템과 Web 기반 제어 프로그램 및 모바일 App을 개발하였다.

3.1 시스템 구조

Fig. 1은 IoT 기반 저수조 관리 시스템 구조이다. Sensor 데이터 측정 및 서버와 통신하고 Actuator를 제어하는 H/W(Hardware)인 ESP32 기반 시스템과 관리서버, 그리고 Web을 통해 실시간 제어를 위한 S/W(Software) 및 모바일 App으로 구성된다.

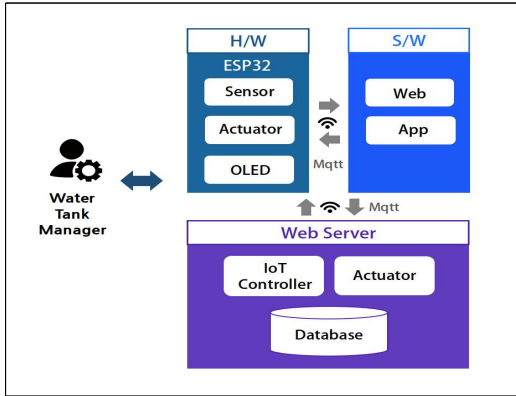


Fig. 1. System Structure of IoT-based water tank

Fig. 2는 IoT 기반 저수조 시스템을 실제 구현한 모습이다. 20L 통을 이용해 저수조를 재현했으며, 상단의 Sensor로 초음파센서가 부착 되어 수위를 측정하며, Actuator인 Fan이 부착 되어있다. 저수조 내부에는 수위를 제어할 수 있는 Motor와 연결 되어 있는 호스가 있다. 또한 온도, 수질, 탁도 Sensor를 이용해 데이터를 측정한다. 저수조 외부에는 Controller인 Esp32와 측정값과 상태를 가시화 해주는 OLED, Actuator를 제어 할 수 있는 릴레이가 부착 되어있다.

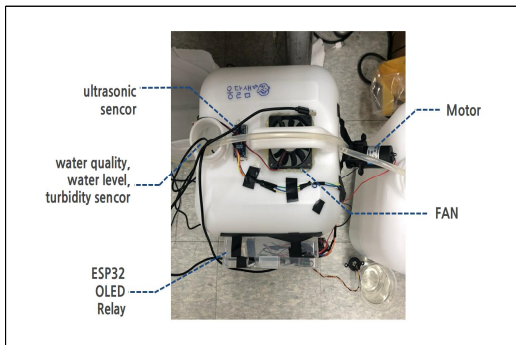


Fig. 2. Implementation of IoT-based water tank system

3.1.1 시스템 클래스

본 절에서는 시스템의 전체적인 클래스에 대해 설명한다. Fig. 3은 시스템의 패키지 다이어그램으로 패키지 사이의 관계를 표현한다. 패키지는 1개로, 이름은 저수조 제어이다. 패키지 내부에는 3개의 클래스가 존재하며, 외부에는 3개의 클래스가 구성 되어 있다.

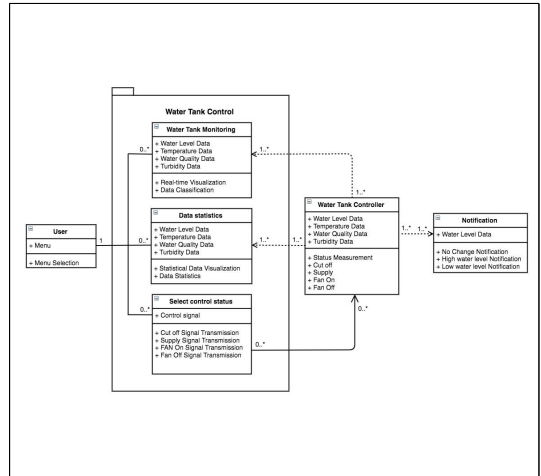


Fig. 3. Package diagram of IoT-based water tank system

패키지 외부의 클래스는 사용자, 저수조 제어기, 알림이 존재 한다. 사용자 클래스는 선택 된 메뉴의 기능을 동작 시킬 수 있다. 메뉴라는 속성을 가지고 있고, 오퍼레이션인 메뉴 선택을 하게 되면 저수조 제어 패키지를 제어 할 수 있다. 저수조 제어기 클래스는 데이터들의 상태를 측정 및 송신, 저수조를 제어 할 수 있는 클래스이다. 속성으로는 수위, 온도, 수질, 탁도 데이터를 가지며, 오퍼레이션은 상태측정, 단수, 공급, 환풍기 동작, 환풍기 정지를 가진다. 알림 클래스는 저수조 제어기의 상태를 알림 해주며, 수위 데이터, 데이터 전송 시간을 속성으로 가진다. 오퍼레이션으로는 변화 없음, 고수위, 저수위알림이 있다.

패키지 내부의 클래스인 저수조 모니터링, 데이터 통계, 제어 상태 선택의 클래스를 설명한다. 저수조 모니터링 클래스는 상태를 모니터링하기 위한 클래스이며, 수위 데이터, 온도 데이터, 수질 데이터, 탁도 데이터를 속성으로 가지고 있다. 오퍼레이션은 실시간 가시화, 데이터 분류이다. 데이터 통계 클래스는 상태를 시, 일, 월, 년 별로 모니터링하기 위한 클래스이며, 저수조 모니터링

클래스와 속성은 같다. 하지만 오퍼레이션으로 통계데이터 가시화, 데이터 통계를 가지고 있다. 제어 상태 선택 클래스는 상태를 제어하기 위한 클래스이며, 속성으로 제어신호를 가진다. 오퍼레이션으로 단수신호전송, 공급 신호전송, 환풍기동작신호전송, 환풍기정지신호전송을 가진다. 패키지 외부의 사용자 클래스는 필요 한 경우 저수조 제어 패키지 내부의 기능들을 사용한다. 이와 달리 저수조 제어기는 저수조 모니터링, 데이터 통계 클래스들의 기능들이 필요하며, 제어상태선택은 필요한 경우 사용된다.

3.1.2 동작 프로시저

본 절에서는 3.1.1절에서 다뤘던 시스템 클래스의 흐름에 대해 설명한다. Fig. 4는 저수조 제어 패키지 행위를 설명한 시퀀스 다이어그램이다. 먼저 저수조 모니터링 클래스의 오퍼레이션의 프로시저를 설명한다. 사용자 클래스가 실시간 가시화 오퍼레이션을 동작하기 위해 트리거를 발생 하면, 저수조 데이터를 웹과 앱을 통해 가시화 해준다. 저수조 제어기 클래스의 트리거가 발생 되면, 측정된 저수조 데이터가 서버로 전송된다. 이를 통해 데이터 분류 오퍼레이션이 동작해 각각의 데이터들을 분류하여 저장할 수 있다.

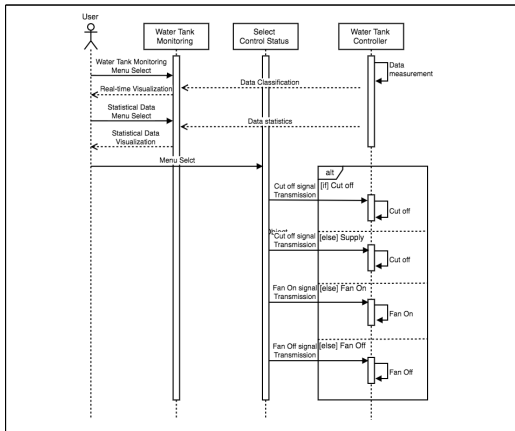


Fig. 4. Sequence diagram of IoT-based water tank system

다음으로 데이터 통계 클래스의 오퍼레이션을 설명한다. 사용자 클래스가 통계 데이터 가시화 동작 트리거를 발생하면, 시, 일, 월, 년 별로 통계된 각각의 저수조 데이터를 가시화 해준다. 서버로부터 저수조 데이터가 수

신되면, 데이터 통계가 실행되어 진다.

마지막으로 제어 상태 선택 클래스의 동작 트리거는 사용자 클래스로 모두 동일한 트리거를 가진다. 사용자 클래스는 단수, 공급, 환풍기 동작, 환풍기 정지 메뉴를 선택 하게 되면, 각각의 신호를 저수조 제어기 클래스에 전달해 신호에 맞는 행위를 작동 시킨다.

3.2 주요 기능

Fig. 1의 H/W 구성 중 Sensor는 수위, 수온, 수질, 탁도 데이터를 측정해 서버에 전송한다. Actuator는 Web과 App에서 사용자가 트리거를 발생시키면 펌프모터와 환풍기를 제어할 수 있다. 펌프모터를 동작시키면 물을 끌어오는 역할을 해 저수조를 채운다. 환풍기 제어는 저수조 내부에 들어가 작업을 할 경우 질식사를 막기 위해 대비하는 수단이다. OLED는 전체적인 Sensor 데이터 값과, ip, Actuator 상태를 출력한다.

S/W는 Web과 모바일 App을 모두 지원한다. 사용자에게 수위, 수온, 수질, 탁도 데이터를 실시간으로 제공하며, 데이터 분석한 통계를 통해 시간, 일, 월, 년도 별 패턴을 분석하고, 저수조의 불안정한 상태를 알림으로써 제어하는 기능을 제공한다.

서버는 H/W에서 측정 및 전송된 정보들을 저장하고 IoT 제어기능과 Actuator 제어기능을 제공한다. 수위 값이 일정 기간 동안 변화가 없거나 저수위, 고수위일 경우 사용자에게 알림을 보내 저수조의 상태를 알려준다. 수질 값과 탁도 값은 물을 관리할 수 있게 도와주는 매개변수로서 관련 질병을 예방해줄 수 있다.

4. 시스템 설계 및 구현

본 장에서는 IoT 기반의 저수조 관리 시스템의 H/W와 S/W 개발 환경에 대해 설명하고 최종적으로 구현한 Web 프로그램 및 모바일 App의 인터페이스를 보여준다.

4.1 구현 환경

Fig. 5는 시스템 개발 환경을 나타낸 구성도이다. 데이터 측정 및 서버 통신을 위해 Wi-Fi 모듈인 ESP32를 사용했다[6]. ESP32의 초음파 센서, 수온 센서, 수질 센서, 탁도 센서에서 측정된 저수조 데이터를 서버로 보내 분석 및 가시화해주며 부착된 OLED를 통해 저수조의 상

태, IP 주소, chip ID등을 확인할 수 있다. S/W는 Arduino Ide를 이용해 컴파일하며 PHP, MQTT, Centos 7등을 이용해 구현하였다. 데이터는 대표적 NoSQL 데이터베이스인 MongoDB를 통해 관리한다.

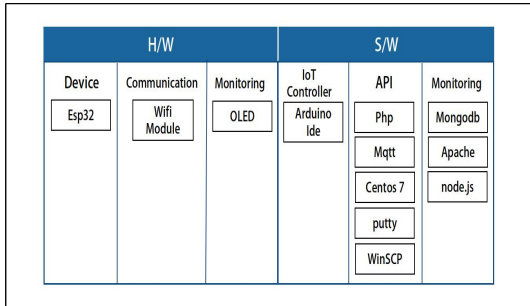


Fig. 5. Development Environment of IoT-based water tank

4.2 구현 결과

본 시스템은 저수조가 측정한 데이터를 서버로 보내 분석한 후 Web 프로그램 및 모바일 App을 통해 가시화 해주며 상태가 불안정한 경우 사용자에게 알림을 통해 제어할 수 있도록 한다.

Table 1. External System Interface

Message Name	Transmission Module	Receiving Module	Type	Transport Method
Water Level	Ultra Sensor	Water Tank Controller	float	Sensor
Temperature	Temperature Sensor	Water Tank Controller	float	Sensor
Water Quality	Water Quality Sensor	Water Tank Controller	float	Sensor
Turbidity	Turbidity Sensor	Water Tank Controller	float	Sensor

Table 1은 외부 시스템 인터페이스를 나타낸 표이다. float 형식의 수위, 수온, 수질, 탁도가 송신 모듈을 통해 Sensor 방식으로 수신 모듈인 저수조제어기에 전송된다.

Web과 모바일 App은 사용자가 입력한 ID와 저수조의 chip id가 일치해야만 사용할 수 있도록 구성하였다. Fig. 6은 실시간 데이터 수집 상태를 Web 프로그램에 가시화해준 것이다. 저수조의 수위, 수온, 수질, 탁도 상태를 확인할 수 있다. 사용자는 실시간 모니터링 메뉴를 통해 각 상태의 실시간 변화 또한 그래프로 확인할 수 있다.

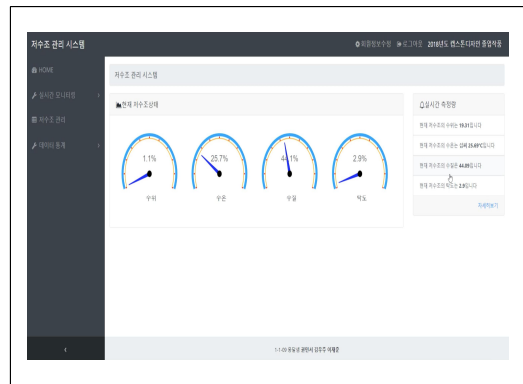


Fig. 6. Web for Status Check and Real-Time Control

Fig. 7은 저수조의 상태 데이터를 월별로 통계 내 Web 프로그램에 가시화해 준 것이다. 사용자는 데이터 통계 메뉴에서 시간/일/월/년 서브 메뉴를 선택하고 검색해 원하는 통계 정보를 얻을 수 있다.

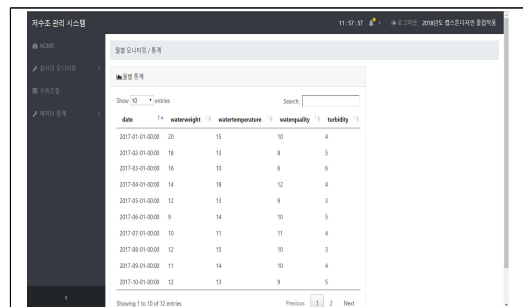


Fig. 7. Web for Check Statistics Data

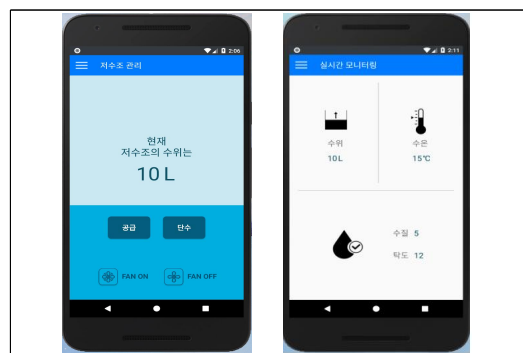


Fig. 8. App for Status Control

Fig. 8은 저수조의 수위 및 환풍기를 제어하기 위한 모바일 App 화면이다. 수위가 낮은 경우 공급 버튼을 이용

해 수위를 높여주고 높은 경우 단수 버튼을 이용해 공급을 차단해준다. 사용자가 저수조를 관리하는 동안 발생할 수 있는 질식사를 예방하기 위해 환풍기를 제어할 수 있다. FAN ON 버튼을 이용해 환풍기를 동작시킬 수 있다.

실시간으로 측정된 수위가 일정 시간동안 변화가 없거나 고/저수위인 경우 알림으로써 사용자가 수위를 조절할 수 있으며 수질과 탁도 데이터를 제공해 저수조의 수질을 관리함으로써 질 높은 수돗물을 공급할 수 있다.

4.3 기대 효과

본 시스템은 저수조의 상태를 실시간으로 Web 및 모바일 App을 통해 제공함으로써 사용자가 손쉽게 관리할 수 있도록 설계되었다. 따라서 특히 수온 데이터를 제공해 한겨울 동파 문제를 방지하며 수질 및 탁도 데이터 제공을 통해 수질을 관리해 식수 위생 문제를 개선할 수 있을 것이다. 또한 저수조 상태의 통계 데이터를 제공하고 수위가 불안정한 경우 알림으로써 사용자가 수위를 제어할 수 있도록 해 관리 효율성을 향상시킨다. 실시간 환풍기 제어를 통해 질식 사고 등의 예상치 못한 사고에 빠르게 대처할 수 있는 부가적인 효과도 얻을 수 있을 것이다.

5. 결론 및 향후계획

본 연구에서 제안하고 구현한 IoT 기반의 저수조 관리 시스템을 통하여 실시간으로 저수조의 상태를 확인하며 통계 데이터를 제공함으로써 사용자의 편의성을 향상시킬 수 있었다. 또한 사용자 편의를 위한 통계, 알람기능을 추가하여 기존 저수조 관리 시스템의 한계점을 해결하였다. 본 연구는 공장 등 산업의 현장에 직접 적용이 가능할 뿐 아니라 일손이 부족한 농촌이나 기반 시설이나 설비가 열악한 중소기업, 혹은 개발도상국에서의 인력 자원의 효율을 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 제안한 연구 결과가 물을 이용하는 저수조 시스템에 응용되었지만, 특정 응용 서비스에 한정되지 않고 다양한 산업과 어플리케이션에 범용적으로 적용할 수 있다. 향후 모니터링과 컨트롤의 정확성과 효율성을 더욱 개선하기 위하여 다양한 입력 값들을 통하여 현재의 상황을 기계가 직접 예측하여 제어까지 스스로 할 수 있는 기계 학습(Machine learning) 알고리즘을 적용할 수 있다. 이를 통해 효율성과 편리성을 더욱 개선할 수 있을 것이다 [13-15].

REFERENCES

- [1] K. Y. Jung. (2006). Development of Wireless Integrated System for managing Water Tank. *The Korea Contents Association*, 6(6), 1-5.
- [2] B. T. Ahn. (2017). Study of Intelligent Coffeeshop Management System based IOT. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(3), 165-171.
- [3] M. K. Jung. & S. Y. Kwon. (2014). A Study on Internet of Things based on Semantic for Library. *Journal of Korean Library and Information Science Society*, 45(2), 235-260.
- [4] O. Jo, Y. Kim, & J. Kim, (2018), Internet of Things for Smart Railway: Feasibility and Applications. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(2), 482-490.
- [5] H. K. Seong. & M. G. Lee. (2010). Implementation of a Realtime Wireless Remote Control and Monitoring Systems. *The Institute of Electronics Engineers of Korea - Computer and Information*, 47(6), 93-102.
- [6] S. H. Kwon, D. W. Park, H. C. Bang. & Y. T. Park. (2015). Real-time and Parallel Semantic Translation Technique for Large-Scale Streaming Sensor Data in an IoT Environment. *Journal of KIISE*, 42(1), 54-67.
- [7] M. Han & K. Kim. (2000). Usage of Rainwater as Substitute Resources. *Journal of the Korean Society of Water and Wastewater*, 14(3), 207-210.
- [8] Y. S. Jeong. (2018). Linking Algorithm between IoT devices for smart factory environment of SMEs. *Journal of Convergence for Information Technology*, 8(2), 233-238.
- [9] K. Moon. (2004). *Environmental-friendly Water Tank and plumbing system management*. Korea Interfacial Science and Engineering Institute, Ministry of Environment.
- [10] S. K. Park. (2016). Proposal of a mobility management scheme for sensor nodes in IoT(Internet of Things). *Journal of Convergence for Information Technology*, 6(4), 59-64.
- [11] Y. S. Moon et al. (2015). Real-Time Management System of Reefer Container based on IoT. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 19(9), 2093-2099.
- [12] Espressif. (2016). *Arduino core for ESP32 WiFi chip*. GitHub(arduino-esp32). <https://github.com/espressif/arduino-esp32>
- [13] W. Lee, O. Jo & M. Kim. (2018). *Application of End-to-End Deep Learning in Wireless Communications Systems*, arXiv preprint, arXiv:1808.02394.
- [14] S. S. Shin, G. S. Chae & T. H. Lee. (2015). An Investigation Study to Reduce Security Threat in the

Internet of Things Environment. *Journal of Convergence for Information Technology*, 5(4), 31-36.

- [15] Y. H. Yee. (2017). IoT model to improve parent-child interaction - Focus on smart watch for kids -. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(6), 209-218.

권 민 서(Kwon, Min-Seo) [학생회원]



- 2014년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 소프트웨어학과 학사 과정
- 관심분야 : 빅 데이터, 안드로이드
- E-Mail : minseo1616@daum.net

김 우 주(Gim, U-Ju) [학생회원]



- 2013년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 소프트웨어학과 학사 과정
- 관심분야 : 빅 데이터, 임베디드 시스템
- E-Mail : kyr1217@gmail.com

이 재 준(Lee, Jae-Jun) [학생회원]



- 2013년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 소프트웨어학과 학사 과정
- 관심분야 : 빅데이터, Web Science
- E-Mail : ljj6296@gmail.com

조 오 현(Jo, Ohyun) [정회원]



- 2005년 2월 : 한국과학기술원, 전기및전자공학과 (이학사)
- 2007년 9월 : 한국과학기술원, 전기및전자공학과 (공학석사)
- 2011년 2월 : 한국과학기술원, 전기및전자공학과 (공학박사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 소프트웨어학과 조교수
- 관심분야 : IoT 융합, 통신 및 네트워크, 임베디드 시스템, 기계학습
- E-Mail : ohyunjo@chungbuk.ac.kr