

Zigbee 통신 기반 폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템 설계에 관한 연구

박의준*, 송제호

전북대학교 IT응용시스템공학과

A Study on the Design of Automatic Recording System for Discharge of Wastewater Discharge Facilities Based on Zigbee Communication

Eui-Jun Park*, Je-Ho Song

Dept. of IT Applied System Engineering, Chonbuk National University

요약 현재의 소규모 폐수배출시설은 배출 현황을 측정할 때 사람이 일일이 계량기를 검침하고 이를 기록한 후 직접 계산해야하는 문제점이 존재한다. 따라서, 본 논문에서는 폐수배출시설의 폐수배출량 및 용수, 전력, 약품의 사용량 등을 자동으로 측정하고 기록할 수 있는 Zigbee 통신 기반 폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템을 설계하고자 한다. 폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템은 측정부, 제어부, 출력부와 Zigbee 통신으로 구성하였다. 측정부는 전력 사용량과 폐수배출량 및 용수, 약품의 사용량 등을 측정하여 측정값을 제어부로 전송하고, 제어부는 이러한 측정값을 비교 연산하여 측정치와 비교치 등을 나타낸다. 출력부는 디스플레이나 프린터로 이루어지며 폐수 배출 현황을 모니터링 하거나, 폐수배출시설 및 방지시설 운영일지의 인쇄가 이루어질 수 있게 하였다. 따라서, 본 시스템 설계 후 실험값을 측정한 결과 태양광 패널 및 배터리 연결 후 메인 제어기의 동작 전압이 12.71 V로 정상 작동하였으며 Zigbee 통신 모듈 시스템이 정상적으로 동작하였다. 메인 제어기의 컨트롤 버튼 조작 시 디스플레이의 동작 시간은 24 ms로 측정되었고 메인 제어기 내의 통신제어 수신 단자에서부터 신호 출력 단자까지 동작 시간 37.45 ms가 출력되었다. 또한, 기존의 소규모 배출시설 및 방지시설은 고정인력을 배치하고 모니터링하는 시스템에서, Zigbee 통신 기반 폐수배출시설 배출 현황을 자동모니터링하므로 환경기준 위반율을 낮추고 기술 인력을 양성할 수 있다.

Abstract Currently, small-scale wastewater discharge facilities have a problem in that when measuring the discharge status, a person must read the meters one by one, record the result, and then make calculations directly. Therefore, in this study, we designed an automatic recording system for the discharge from wastewater discharge facilities based on Zigbee communication. The system can automatically measure and record the amount of wastewater discharge and the amount of water, electricity, and chemicals used in the facility. The system is composed of a measuring part, control part, output part, and Zigbee communication. The measuring part measures power usage, wastewater discharge, water, and chemical usage. It also transmits the measured values to the control part, which compares and computes the measured values to display them with comparative values. The output part consists of a display or a printer for monitoring of the wastewater discharge status or printing the operation log. Experimental values were measured, and the operating voltage of the main controller was 12.71 V after a solar panel and battery were connected. The Zigbee communication module system operated normally. When the control button of the main controller was operated, the operation time of the display was measured to be 24 ms, and the operation time from the communication control receiving terminal in the main controller to the signal output terminal was output as 37.45 ms. In addition, existing small-scale wastewater discharge and prevention facilities were monitored by dispatching fixed personnel. In the proposed system, it is possible to reduce the violation rate of environmental standards and to train technical manpower by automatically monitoring the status of wastewater discharge facilities using Zigbee communication.

Keywords : Automatic, Recording System, Discharge, Wastewater, Discharge Facilities, Zigbee Communication

*Corresponding Author : Eui-Jun Park(Chonbuk National Univ.)

email: legookok@bnu.ac.kr

Received July 25, 2022

Accepted September 2, 2022

Revised September 1, 2022

Published September 30, 2022

1. 서론

환경오염 문제를 해결하는 것은 인류의 큰 과제로 전 세계적으로 환경오염에 의한 피해를 줄이고자 다방면으로 노력하고 있다. 무엇보다도 환경오염의 가장 큰 오염원으로 부각되는 환경오염 물질을 배출하는 시설들의 배출량을 줄이는 것이 중요하며 이러한 일환으로 오염물질 배출과 관련된 규제가 강화되고 있다[1,2].

환경오염물질의 배출이 우려되는 시설은 우리나라의 수질환경보전법이나 대기환경보전법에 따라 배출시설의 가동시, 반드시 방지시설도 함께 가동하여 환경오염을 줄이게끔 하였으며, 시설에서 임의로 방지시설의 가동을 중지하는 일을 방지하고자 배출시설과 방지시설의 가동 현황이 일별로 기재된 운영일지를 비치하도록 규정되어 있다[3-5].

이러한 운영일지에는 배출시설의 가동 시간과 이에 따른 방지시설의 가동 시간, 그리고 이때 오염물질을 줄이기 위해 사용되는 용수, 전력, 약품의 사용량 등이 일별로 확인한 후 기재되어야 한다.

하지만 별도의 환경관리인이 지정된 일정 규모 이상의 사업장을 제외한 소규모 사업장의 경우는 운영일지 작성을 위해 별도의 인력을 고정 배치해야 한다는 부담이 있을 수 있다.

따라서, 이러한 문제점을 해결하고자 본 논문에서는 폐수배출시설과 방지시설의 폐수배출량 및 용수, 전력, 약품의 사용량 등을 자동으로 측정하여 기록하고 분석할 수 있는 Zigbee 통신 기반 폐수배출시설 배출 현황 자동 기록 시스템을 설계하였다.

2. 본론

2.1 기술의 개요

Zigbee 통신 기반 폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템의 구성도를 Fig. 1로 나타내었다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이, Zigbee 통신 기반 폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템은 측정부, 제어부, 출력부로 구성된다.

측정부는 전력 사용량을 측정하기 위한 적산전력계와 폐수배출량 및 용수, 약품의 사용량 등을 측정할 수 있는 적어도 1개 이상의 계량기로 이루어진 곳으로서 측정된 값을 펄스 신호로 변화시켜 전송이 가능한 디지털 형식을 적용하였다. 이때, 측정부에서 측정된 전력량 값과 유량 값은 Zigbee 무선 통신을 이용하여 제어

부에 전송한다.

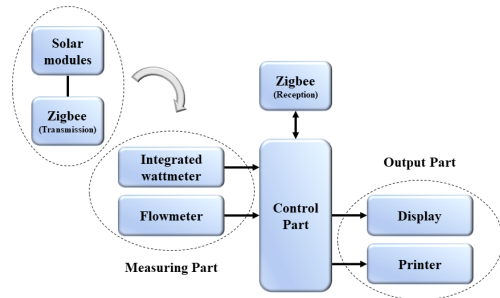


Fig. 1. Block diagram of automatic recording system for discharge of wastewater discharge facilities based on Zigbee communication

제어부는 측정부로부터 전송된 전력량 값과 유량 값을 직전에 저장된 전력량 값 및 유량 값과 비교 연산하여 수치로 환산한다. 이때, 제어부는 RAM과 같은 데이터 메모리에 미리 연산용 프로그램을 입력시켜 측정부로부터 전송된 측정값과 비교하고 비교된 값을 포함한 측정치와 비교치 등을 나타낸다.

출력부는 제어부에서 연산된 측정값을 나타내기 위해 디스플레이나 프린터로 이루어진다. 따라서 디스플레이를 통해 배출시설의 배출 현황 등을 모니터링을 하거나 프린터를 이용하여 폐수배출시설 및 방지시설 운영일지에 기재되어야 하는 배출시설가동시간대와 방지시설가동시간대, 용수공급원별 사용량, 폐수배출량 및 전력사용량 등을 정해진 폼 용지의 해당 부분에 인쇄가 이루어지게 하였다.

Fig. 2는 Zigbee 통신 기반 폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템의 전체적인 개요도이다.

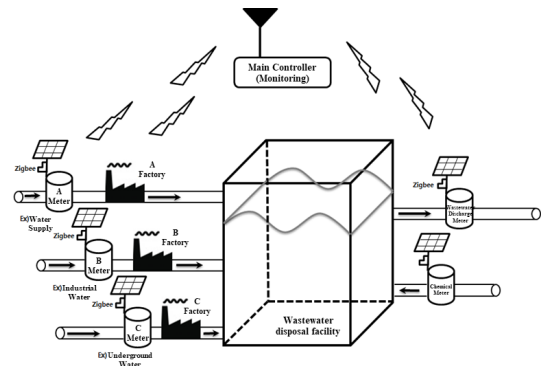


Fig. 2. Schematic diagram of automatic recording system for discharge of wastewater discharge facilities based on Zigbee communication

2.2 Zigbee 통신 기반 폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템 설계

2.2.1 설계 목표 및 내용

Zigbee 통신 기반 폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템은 배출시설 및 방지시설의 운영일지 전담 인력을 고정 배치하기 어려운 소규모 사업장들의 부담을 덜 수 있도록 하고자 하였다.

이에 따라 전력 및 폐수배출량, 용수와 약품 등의 사용량을 측정할 수 있는 측정부와, 측정값을 비교 분석하는 제어부, 제어부에서 처리된 값을 나타내기 위한 출력부로 구성하였다.

주요 설계 목표는 태양광 모듈 설계, Zigbee 통신 모듈 시스템 설계, 메인 제어기 설계를 목표로 하였다.

태양광 모듈 설계는 solar system 구현과 커넥터를 설계하고 인터페이스를 구축하여 안정적으로 동작하게끔 하였다[6,7].

Zigbee 통신 모듈 시스템의 설계는 Zigbee 통신 모듈 부가 회로와 메인 제어기 인터페이스를 설계하여 250 kbps의 전송 속도 구현을 목표로 하였다[8,9].

메인 제어기의 설계는 계량기와 PC의 인터페이스를 구축하여 메인 제어기 시스템을 개발하고자 하였고 메인 제어기 조작 시 동작 시간 150 msec을 목표로 하였다[10].

목표에 맞추어 전체 시스템을 설계하였으며 각 구성부 사이의 통신을 담당하게 될 Zigbee 통신 모듈은 ProBee_ZE10C를 사용하였다. 해당 기기의 스펙은 CPU(16-bit XAP2b), RF 데이터 속도(250 kbps), 주파수 대역(2.4 GHz), 작동거리(5 km), 전압(2.7~3.6 VDC), 전류(45~190 mA)로 구성된다[11].

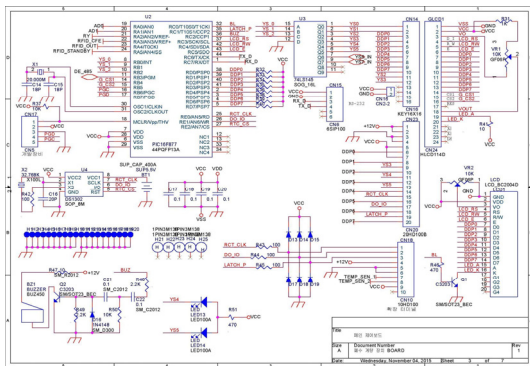


Fig. 3. Main control board of automatic recording system for discharge of the wastewater discharge facilities

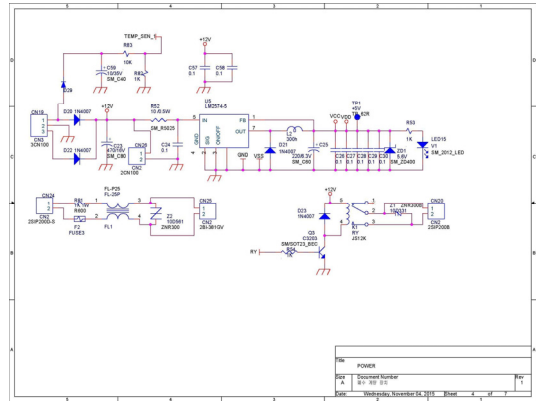


Fig. 4. Power of automatic recording system for discharge of the wastewater discharge facilities

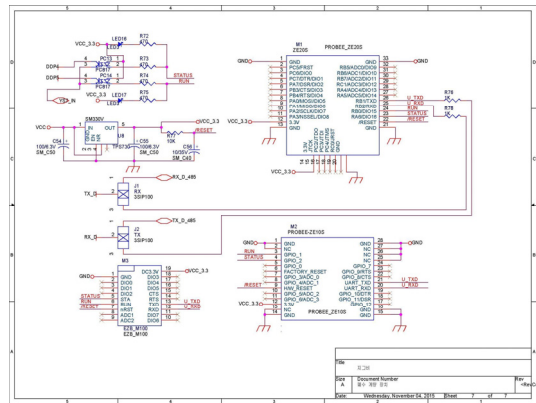


Fig. 5. Zigbee communication department of automatic recording system for discharge of the wastewater discharge facilities

폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템의 구성부의 메인 제어보드, 전원부, Zigbee 통신부의 회로도를 Fig. 3에서 Fig. 5까지 나타내었다.

2.2.2 설계 결과

Zigbee 통신 기반 폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템의 메인 제어부, Zigbee 통신부를 Fig. 6와 Fig. 7에 나타내었다.

Fig. 8과 Fig. 9은 각각 폐수배출시설 배출 현황 자동기록 모니터링 시스템의 화면 정보와 인쇄된 프린터 정보 중 일부를 나타낸 것이다.

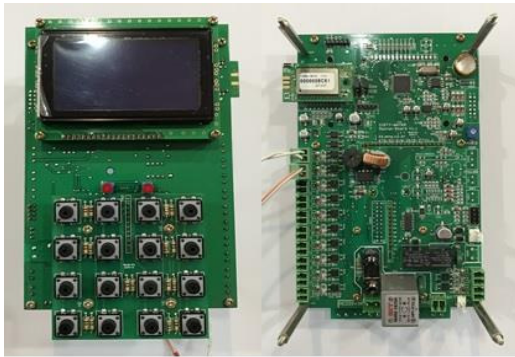


Fig. 6. Main control unit of automatic recording system for discharge of the wastewater discharge facilities



Fig. 7. Zigbee communication unit of automatic recording system for discharge of the wastewater discharge facilities

PortN:08 Pulse:01P AoEle:00000.004kw YesAm:00000.000kw TodAm:0000.000kw	PortN:02 Pulse:10P Indus:00000.040m³ YesAm:00000.000m³ TodAm:0000.040m³
PortN:03 Pulse:10P UnWat:00000.090m³ YesAm:00000.000m³ TodAm:0000.090m³	PortN:04 Pulse:10P RiWat:00000.080m³ YesAm:00000.000m³ TodAm:0000.080m³
PortN:05 Pulse:10P Gener:00000.030m³ YesAm:00000.000m³ TodAm:0000.030m³	PortN:06 Pulse:10P Emiss:00000.030m³ YesAm:00000.000m³ TodAm:0000.030m³
PortN:07 Pulse:10P Reuse:00000.040m³ YesAm:00000.000m³ TodAm:0000.040m³	PortN:09 Pulse:01P Chem 1:00000.000m³ YesAm:00000.000m³ TodAm:0000.000m³

Fig. 8. Screen information of automatic recording system for discharge of the wastewater discharge facilities

Wastewater Discharge Automatic Recording System									
Sample					Date: 2022. 8. 29.				
1 Line	1	PORTITEM	unit:000p		1 Line		Time	00:00:00	
2 Line		water Q or	012345.00m³		2 Line				
3 Line		Before Q or	012345.00m³		3 Line				
4 Line		Today Q or	1234.00m³		4 Line				
Environment Setting					Environment Setting complete				
1 Line	1	PORTITEM	unit:000p		1 Line		Time	00:00:00	
2 Line		Environment Setting			2 Line				
3 Line		psnd	123456 OK/ERR		3 Line				
4 Line					4 Line				
1 Line		Time	00:00:00		1 Line		Time	00:00:00	
2 Line					2 Line				
3 Line					3 Line				
4 Line					4 Line				
1 Line		Time	00:00:00		1 Line		Time	00:00:00	
2 Line					2 Line				
3 Line					3 Line				
4 Line					4 Line				
1 Line		Time	00:00:00		1 Line		Time	00:00:00	
2 Line					2 Line				
3 Line					3 Line				
4 Line					4 Line				
1 Line		Time	00:00:00		1 Line		Time	00:00:00	
2 Line					2 Line				
3 Line					3 Line				
4 Line					4 Line				
1 Line		Time	00:00:00		1 Line		Time	00:00:00	
2 Line					2 Line				
3 Line					3 Line				
4 Line					4 Line				

Fig. 9. Print information of automatic recording system for discharge of the wastewater discharge facilities

2.2.3 설계 후 실험 결과

폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템은 온도 23 ℃, 습도 56% R.H.인 실험실 환경에서 Digital Oscilloscope DS05052A와 Digital Multimeter 34410A를 사용하여 진행하였다. 태양광 모듈 동작을 확인한 결과, 태양광 패널 및 배터리 연결 후 메인 제어기의 동작 전압이 태양광 패널의 동작 전압인 12.71 V로 정상적으로 작동하였으며 이를 Fig. 10으로 나타내었다.

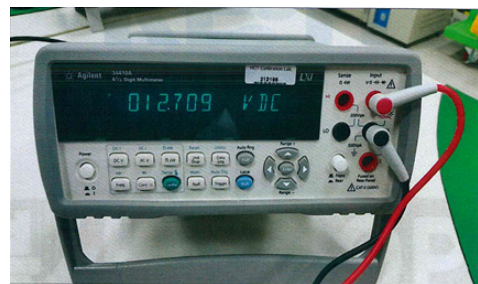


Fig. 10. Photograph of photovoltaic module main controller operating voltage measurement

또한, PC에서 통신 제어기를 제어할 경우 메인 제어기의 Zigbee 통신 모듈에서 수신된 동작 신호를 측정하여 Zigbee 통신 모듈 시스템이 정상적으로 동작하는 것을 확인하였다.

메인 제어기의 동작 시간은 메인 제어기의 컨트롤 버튼 조작 시 디스플레이의 동작 시간이 24 ms로 측정됨

을 Fig. 11에 나타내었다.

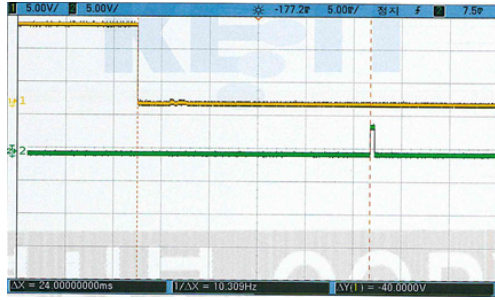


Fig. 11. Photograph of main controller operating time measurement

폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템의 동작 시간은 메인 제어기 내의 통신제어 수신 단자에서부터 신호 출력 단자까지 동작 시간 37.45 ms가 출력됨을 Fig. 12로 나타내었다. 제어기의 실제 동작시간은 24ms인데 제어기의 동작을 일으키는 시간(operating rising and falling time)으로 동작시간이 37.45ms가 출력되었다.

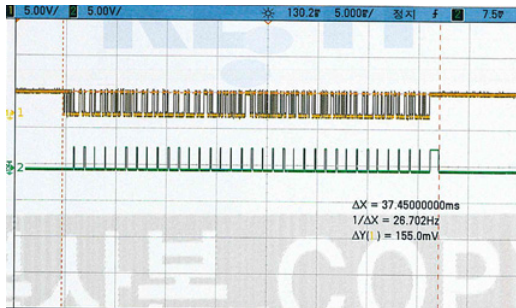


Fig. 12. Photograph of automatic recording system for discharge of the wastewater discharge facilities operating time measurement

3. 결론

현대 사회에 접어들며 환경오염 문제가 대두되고, 이를 해결하고자 오염물질 배출 관련 규제가 강화되는 추세이다. 오염물질 배출시설의 경우 반드시 방지시설을 함께 설치하여 가동하도록 하고, 배출시설과 방지시설의 가동 현황 등이 기재된 운영일지를 비치하도록 규정하고 있다.

이러한 문제점을 해결하고자 본 논문에서는 Zigbee 통신 기반 폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템을 설계하였다. 폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템은

폐수배출량과 용수,약품, 전력 등의 사용량을 측정하기 위한 측정부, 측정부로부터 데이터를 받아 비교분석하고 출력부로 전송하는 제어부, 연산된 측정값을 디스플레이에 나타내거나 정해진 폼 용지에 프린트할 수 있는 출력부로 구성되며 각 구성부 간에는 Zigbee 무선 통신이 사용된다.

폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템의 실험 결과 태양광 패널 및 배터리 연결 후 메인 제어기의 동작 전압이 12.71 V로 작동하는 것을 확인하였고 Zigbee 통신 모듈 시스템의 경우 PC에서 통신 제어를 제어할 경우 메인 제어기의 Zigbee 통신 모듈에서 수신된 동작 신호가 감지됨을 확인하였다. 메인 제어기의 동작 시간은 24 msec로 구현하였다. 전체 폐수배출시설 배출 현황 자동기록 시스템의 동작 시간은 37.45 msec까지 구현하였다.

References

- [1] Republic of Korea Ministry of Environment, Wastewater discharge facilities and discharge trends, 2022 March 26, https://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1474 (accessed July 15, 2022)
- [2] O. S. Kwon, J. Y. Jung, T. Y. Heo, H. B. Jun, Y. H. Lee, S. M. Park, "Establishment of Effluent Limitation based on Wastewater Characteristics and Treatment Technology", *Journal of Korean Society on Water Environment*, Vol.28, No.6, pp.804-812, Nov. 2012.
- [3] D. H. Kim, "Industrial wastewater treatment", Educontentshupia, 2012.
- [4] Water Quality Conservation Act, Republic of Korea, 1990.
- [5] Clean Air Conservation Act, Republic of Korea, 2021.
- [6] Y. R. Kim, "Operation and maintenance of solar power system", Bogdoo Publishing, 2013.
- [7] H. W. Je, O. Yang, "Remote Monitoring System of Photovoltaic Inverter using Zigbee Communication", *Journal of Korean Institute of Information Technology*, Vol.10, No.2, pp.93-100, Feb. 2012.
- [8] D. H. Choi, S. S. Bae, G. T. Choi, "Zigbee technology and utilization", Sehwa, 2007.
- [9] G. H. Kim, "Implementation of Real-time Sensor Monitoring System on Zigbee Module", *The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Vol.6, No.2, pp.312-318, April 2011. DOI: <https://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2011.6.2.312>
- [10] G. S. Han, Y. D. Son, "Design of Zigbee monitoring

system for multi-function remote utility meter", *Proceedings of the KIEE Conference*, The Korean Institute of Electrical Engineers, Busan, Republic of Korea, 10c, pp. 250-252, Oct. 2008.

- [11] Electronic parts Data sheet Search engine, ProBee_ZE10C, 2022. 7. Search, <http://www.alldatasheet.co.kr>

박 의 준(Eui-Jun Park)

[준회원]



- 2021년 8월 : 전북대학교 융합기술공학부(IT응용시스템공학 전공) 학사
- 2021년 9월 ~ 현재 : 전북대학교 대학원 IT응용시스템공학과 석사 과정

〈관심분야〉

전기·전자공학, IT융합, 전자정보통신 기술

송 제 호(Je-Ho Song)

[정회원]



- 1996년 3월 ~ 현재 : 전북대학교 융합기술공학부(IT응용시스템공학 전공) 교수
- 2011년 1월 ~ 현재 : (사)한국산학기술학회 호남지부장
- 2019년 9월 ~ 현재 : 전북 산학연합의회장
- 2020년 12월 ~ 현재 : 전북대학교 산학협력중점사업단장

〈관심분야〉

전자 및 통신 네트워크 시스템 설계, 암호학, DSP 설계, 인공지능