

스마트 수직구조 양식장의 원격제어 App 개발

김유환*, 김병준**, 신규재**

*(주)네트윈

**부산외국어대학교 ICT창의융합학과

*e-mail:yhkim@net1.co.kr

**e-mail:kyoojae@bufs.ac.kr

Development of Industrialization Model of IoT-Based Smart Farm

Yu-Hwan Kim*, Byeong-Jun Kim**, Kyoo-Jae Shin**

*Corporation Net1

**Dept of ICT Creative Design, Busan University of Foreign Studies, BUFS

요 약

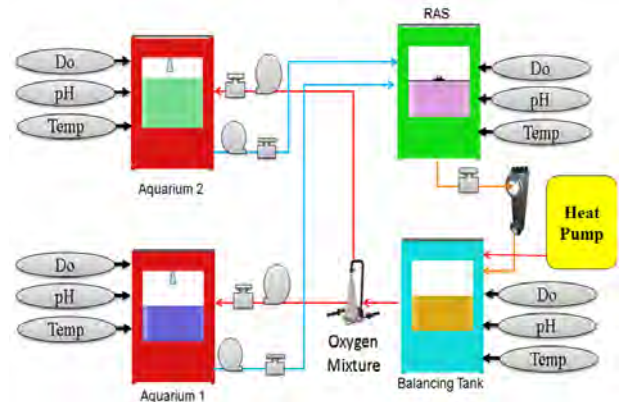
전력 발전사들은 해안을 중심으로 운영되고 있는데, 이는 발전하는 과정에서 회전기기 터빈과 발전기 열을 냉각시키기 위해 해수를 사용한 후, 발생한 온배수는 해안으로 방출되고 있다. 양식장에는 수온 관리를 하는데 큰 비용이 발생하기 때문에 수열에너지를 공급하는데는 경제적으로 매우 중요하다. 따라서 효율적인 스마트 양식장을 운용하기 위해서는 발전소에서 폐수로 방출되는 온배수 에너지를 재생에너지로 활용하여 이 열을 저장하고 양식수조에 공급하는 온배수 히트펌프의 수온 제어시스템과 양식수조의 최적화 설계를 위하여 새로운 형태의 육상수조 양식구조와 수질과 수온을 제어하는 IoT(Internet of Things)기반의 스마트 양식장이 필요하다.

1. 서론

최근 제4차 산업혁명의 일환으로 세계적으로 스마트 양식장에 대한 연구개발이 활발히 이루어지고 있다. 양식장의 운영은 매우 힘든 3D업종으로써 산업적으로 많은 노동력을 요구하고 있고 환경에 변화에 따른 수질상태는 한순간에 양식어에 큰 피해를 줄 수 있기 때문에 순환여과 방식을 이용한 정밀한 수질제어가 필요하다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 발전소 온배수 에너지를 활용하고 구조물은 수직형 구조를 가지는 아파트 형태의 스마트 양식장 개발을 목표로 하고 있으며, IoT기반으로 온배수를 공급하는 히트펌프 제어시스템과 양식수조의 수질과 수온센서를 탑재하고 최적의 생육환경을 제어하는 스마트 양식제어시스템을 설계한다. 또한 스마트 양식장의 최적화 설계 및 운용자의 편의를 제공하기 위한 목적으로 원격모니터링과 원격 웹 어플리케이션 제어를 기능 앱을 설계하였다[1][2][3].

2. IoT기반 스마트 양식 시스템 설계

스마트 백장어 양식 시스템의 구조는 그림 1과 같이 4개 수조 형태의 IoT 기반 스마트 양식장을 설계한다. 양식어를 사육하는 1층 양식수조(Aquarium 1)와 2층 양식수조(Aquarium 2), 양식수조의 오염된 고형물을 제거하기 위한 순환 여과장치(RAS)와 여과된 물을 저장하고 수온과 산소를 공급하여 최상의 수질을 생성하는 밸런싱 수조(Balancing Tank)로 구성된다.



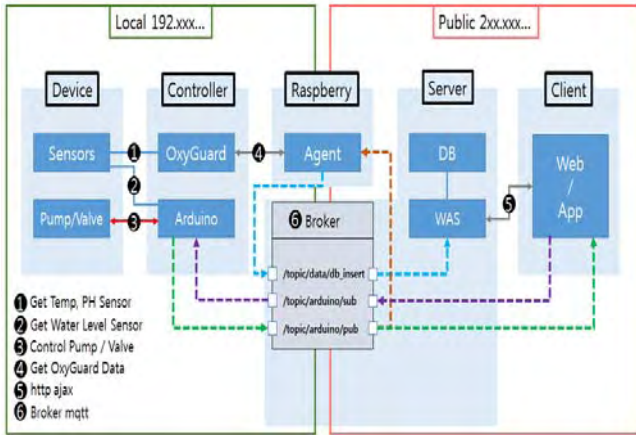
(그림 1) IoT기반 스마트 양식장의 센서, 온배수 공급시스템 구성

각 수조에는 수위 및 수질을 계측하는 초음파센서, 온도, 용존산소(DO) 및 pH 센서와 센서신호 컨디셔너가 설치된다. 이러한 양식시스템은 도심과 건축물 내부에 설치가 용이하며, 특히 산간벽지, 사막, 초극지 등의 같은 극한 환경에서도 그 용도에 따라 자연현장 맞춤형으로 설치가 가능하다. IoT기반 스마트 양식장의 센서, 온배수에너지와 산소 공급시스템 구성을 나타내며, 원격제어 및 모니터링을 위하여 전동식 전자밸브와 센서 신호컨디셔너 및 마이크로컨트롤러가 설계되었다.

3. IoT기반 원격제어 및 모니터링

IoT기반의 스마트 양식장은 그림2와 같이 Local 양식장과 Public 원격제어 및 모니터링으로 구분된다. 스마트

양식장의 무인자동화를 위하여 수조의 수위를 계측하기 위한 초음파센서, 수질상태를 계측하기 위한 온도, DO, pH 센서를 각 수조에 설치하였다.



(그림 2) 스마트 양식장 제어 데이터 통신 흐름도

이 센서 신호는 OxyGuard의 센서 신호 컨디셔너를 통하여 아두이노 마이컴 제어반에 전송되며 자체 개발한 Smart Fisherman 운용프로그램에 의하여 각 수조에 설치된 펌프와 전자밸브를 이용하여 유량제어를 구현한다. 아두이노를 이용한 마이컴 제어반은 DIO 입출력 포트, ADC(Analog to Digital Converter), 릴레이가 구성되어 펌프, 전자밸브를 이용하여 유량제어를 수행한다[4]. 또한 원격제어 및 모니터링을 수행하기 위하여 Raspberry PI를 적용하고 MQTT 프로토콜을 이용하여 Broker와 웹 또는 모바일 앱과 연동된다. 브로커는 옥시การ์ด 센서에서 라즈베리 파이로 센서 데이터를 받아 서버로 전송되고 클라이언트에서 원격제어와 모니터링을 수행하게 된다[4][5].

4. 실험결과

제안된 IoT기반 스마트 양식장은 발전소 온배수 에너지를 활용하고 구조물은 수직형 구조를 가지는 아파트 형태로 그림 3과 같이 스마트 양식장의 산업화 모델을 개발하였고, IoT 기반으로 온배수를 공급하는 히트펌프 제어 시스템과 양식수조의 수질과 수온센서를 탑재하고 최적의 생육환경을 제어하는 스마트 양식제어시스템을 설계하였다.

본 산업화 모델의 연구개발은 2015년 8월부터 2017년 10월까지 부산에 위치한 한국남부발전에서 IoT기반의 수직적층형 스마트 양식장 플랫폼을 그림3과 같이 구축하고 히트펌프 설계 및 성능시험평가와 스마트 빌딩 양식장의 설계, 제작 및 성능시험에 연구가 진행되었다. 스마트 양식장의 양식어종인 뱀장어는 표 1과 같이 최적생육을 위해서 수질을 제어 목표값으로 수질제어 수행하였다. 최적의 수질환경을 구축하기 위하여 그림 3과 같이 수조는 수직 적층형 구조로 컨테이너 1층과 2층 구성하고 측면 육상에 순환여과장치(RAS)가 설치하여 운용시험을 진행하였다.



(그림 3) 설계·제작된 IoT기반의 스마트 양식장 플랜트

<표 1> 민물 뱀장어 생육환경의 수질 제어 목표 사양

	제어대상	목표값
1	PH	6.5 ~ 8.5
2	용존산소량(DO) [mg/L]	5 이상
3	생육 수온[°C]	25±5

민물 뱀장어를 양식하는데 필요한 생육환경 조건은 표 1과 같다. 일반적으로 뱀장어는 난류성 어류로써 최적의 생육 온도는 25 ± 5[°C]이고, pH 6.5~8.5, 용존산소 5[mg/L]이상으로 최적화 제어가 필요하다. 발전소에서 방출되는 수온은 동계에는 13~15[°C]이고 하계는 25~35[°C]이다.

5. 결론

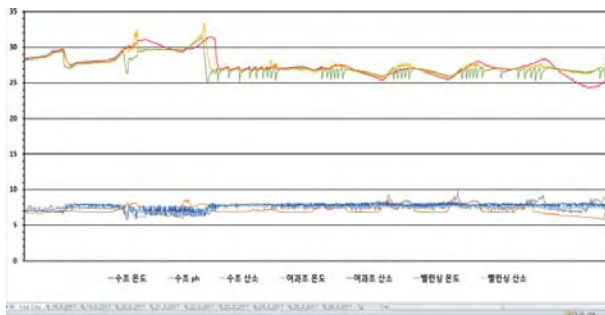
이 연구는 지난 2015년 8월부터 2017년 10월까지 한국 남부 발전에 설치된 히트펌프 및 수족관 에너지 관리 시스템 설계 및 성능시험 평가를 수행하였다. 수족관 시스템 분석 및 설계된 스마트 어류양식 시스템에 대한 실험 결과를 수위, 유량, 수온, 용존산소 및 pH 제어를 실험적으로 성공적으로 수행하여 설계사양 성능을 만족하였다. 또한 제안된 산업화 플랫폼 모델의 성능을 검증하기 위하여 국제 인증시험을 수행하여 인증서를 획득하였다. 또한 제안된 뱀장어 양식장의 양식면적 200여평에서 12톤 수처리를 하는 스마트 양식장을 대상으로 경제성 분석을 실시한 결과, 연간 수량 22만톤 수처리를 수행하고 24시간 온배수 히트펌프를 가동할 시에 730[REC]가 발생하여 연간 9천여만원 정도의 경제성이 검증되었다. 제안된 IoT기반의 스마트 양식장은 수직 적층형 양식장 구조로 양식어의 생육환경을 개선하고 생산량을 증대시킬 수 있으며, 이 산업화 모델은 향후 우리나라의 스마트 양식장 보급과 해외 수출시장 개척에 큰 기대가 된다. 설계된 IoT기반의 스마트 뱀장어 양식장은 그림 4 같이 웹과 모바일 앱과 연동되어 원격제어 및 모니터링이 가능하다. 양식수조, 순환여과장치와 밸런싱 탱크의 온배수 열 에너지의 효율적인 관리와 스마트 양식장의 최적화 환경 제어를 위한 센서 데이터인 전력량, 온배수 입출수 온도와 수질상태의 DO, pH, 온도, 수위 및 밸브 각도가 표시된다.

또한 양식장에서 긴급한 상황이 발생되면 원격제어 모드를 이용하여 웹 또는 모바일을 이용하여 원격으로 제어할 수 있다.



(그림 4) 웹과 모바일 앱 어플리케이션

그림 5는 스마트 양식 수조의 온도, DO, pH 값을 시험 결과값이다. 순환여과조(RAS)의 수질제어 성능시험을 수행한 결과, 하절기에 시험이 수행되어 서온이 시험 초기에는 수온이 30[°C]를 초과한 상태에서 히트펌프에서 공급된 수냉에너지에 의하여 25~27[°C] 범위내로 수온이 제어됨을 확인하였고, 용존 산소량 DO는 6.5[mg/L]에서 8.5[mg/L], pH는 6.5~8.5 범위내로 제어되어 설계사양 조건을 모두 만족함을 확인하였다. 상기의 성능시험을 통하여 제안된 IoT기반의 스마트 양식장 시스템의 성능은 설계 사양 조건을 만족함을 확인하였다.[6]



(그림 5) IoT기반 스마트양식장의 양식수조 성능시험 결과

사사표기

본 연구는 한국에너지기술평가원의 에너지인력양성사업 산업전문석사 인력양성의“ ICT 공장자동화 인력양성”사업에 의하여 발표된 논문입니다.

참고문헌

- [1] 이상철, 마창모, “첨단 스마트 양식 기술 발전 동향 분석,” 제어로봇시스템학회, 제22권, 3호, pp. 26-33, 6, 2016.
- [2] K.J. Shin, A.V. Angani, “Design of 40URT Heat Pump for Vertical Aquarium Using Processed Waste Hot Water from Power Plants” IEEE Future Technologies Conference, San Francisco, United States December 2016.
- [3] K.J. Shin, A.V. Angani, “Development of Water Control System with Electrical Valve for Smart Aquarium”, IEEE International Conference on Applied System Innovation, Sapporo, Japan, pp.1-4, May 2017.
- [4] Raymond James & Associates, “The Internet of Things - A Study in Hype, Reality, Disruption, and Growth”, <http://sitic.org/wp-content/The Internet of Things A Study in Hype Reality Disruption and Growth>, January 2014.
- [5] E. Brians, “Beginning Arduino Programming - Writing Code for the Most Popular Microcontroller Board in the World” Technology in Action, USA, 2011.
- [6] B.J. Kim, K.J. Shin, Development of Smart Fish Farming System Based on IoT Using Wasted Warm Water Energy, Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, pp. 155-163, 2018