

# 수질 모니터링 데이터 기반의 수질센서 자가진단 알고리즘

김홍중<sup>1</sup>, 김종민<sup>2</sup>, 강태형<sup>3</sup>, 류갑상<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>(주)지아이랩 대표, <sup>2</sup>동신대학교 컴퓨터공학과 박사과정, <sup>3</sup>(주)조인트리 수석연구원, <sup>4</sup>동신대학교 컴퓨터공학과 교수

## Self-diagnosis Algorithm for Water Quality Sensors Based on Water Quality Monitoring Data

HongJoong Kim<sup>1</sup>, Jong-Min Kim<sup>2</sup>, Tae-Hyung Kang<sup>3</sup>, Gab-Sang Ryu<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>CEO, G-AILAB

<sup>2</sup>Doctoral Course, Dept. of Computer Engineering, Dongshin University

<sup>3</sup>Chief Researcher, R&D Division, JOINTREE

<sup>4</sup>Professor, Dept. of Computer Engineering, Dongshin University

**요약** 오늘날, 세계 인구성장률의 증가로 국제사회는 심각하게 식량문제 해결을 논의하고 있다. 식량문제 해결을 위한 대안으로는 양식산업이 대두되고 있다. 최근 양식산업의 혁신성장을 위해 4차 산업기술을 융합한 스마트 양식장이 보급되고 있으며, 전주기적 디지털화가 추진되고 있다. 양식산업에서 중요한 수질센서는 전기화학방식의 휴대용 센서를 사용하고 있으며, 이를 이용하여 개별적, 간헐적으로 수질을 체크하고 있어서 양식장 수질을 실시간 분석하고 관리하기가 불가능하다. 최근 광학 기반의 모니터링이 가능한 수질센서들이 개발되어 현장에 적용되고 있다. 그러나 수질센서의 상태정보를 알 수 없기 때문에 모니터링 데이터의 신뢰성을 보장할 수 없는 상황이다. 따라서, 본 논문에서는 데이터의 신뢰성을 확보할 수 있도록, 수질센서가 수집하는 모니터링 데이터를 기반으로 고장, 기준일탈, 유지보수, 점검 등의 수질센서 자가진단 상태를 파악할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

**주제어** : 수질센서, 자가진단, 용존산소, 수질 모니터링, 플랫폼

**Abstract** Today, due to the increase in global population growth, the international community is discussing solving the food problem. The aquaculture industry is emerging as an alternative to solving the food problem. For the innovative growth of the aquaculture industry, smart fish farms that combine the fourth industrial technology are recently being distributed, and full-cycle digitalization is being promoted. Water quality sensors, which are important in the aquaculture industry, are electrochemical portable sensors that check water quality individually and intermittently, making it impossible to analyze and manage water quality in real time. Recently, optically-based monitoring sensors have been developed and applied, but the reliability of monitoring data cannot be guaranteed because the state information of the water quality sensor is unknown. Therefore, this paper proposes an algorithm representing self-diagnosis status such as Failure, Out of Specification, Maintenance Required, and Check Function based on monitoring data collected by water quality sensors to ensure data reliability.

**Key Words** : Water quality; Self-diagnosis; Dissolved oxygen; Water quality; Platform

\*교신저자 : 류갑상(gstryu@dsu.ac.kr)

접수일 2022년 11월 12일

수정일 2022년 12월 26일

심사완료일 2022년 12월 29일

## 1. 서론

유엔인구기금(UNFPA)에서는 지구의 인구문제를 인식하고 매년 세계 인구동향을 조사하여 국제사회에 정보를 제공하고 있다. 2020년 세계 인구 현황 보고서에 따르면 총인구수는 77억 9,500만명으로 이전보다 8,000만명이 증가하였다고 보고하였다[1]. 국제사회에서는 1.1%의 세계 인구성장률의 수요를 만족하기 위한 식량 문제 해결이 주요 쟁점으로 논의되고 있다.

이를 해결하기 위한 대안으로 동물성 단백질 공급원으로 수산업이 미래 신성장산업으로 강조되고 있다. 하지만 수산자원의 고갈과 수산업 관련한 국제적 규제 강화로 어선어업의 생산량이 지속적으로 감소하는 상태이기 때문에 태초의 잡는 어업에서 현재의 기르는 어업으로 수산업의 패러다임이 전환되고 있다.

현재 수산업은 전 세계적으로 양식수산물 수요가 증가하면서 세계 양식산업 규모는 생산량 기준으로 2016년 대비 2030년은 약 37.5% 증가할 것으로 전망하고 있다 [2]. 조지워싱턴대의 미래학자 윌리엄 할랄(William Halal) 교수는 양식산업이 미래의 주력산업으로 떠오를 것이라고 전망하였으며, 미국의 컨설팅기업인 테크 캐스트(Tech Cast)는 2025년 기준 양식기술의 전세계 경제적 파급효과는 약 223조 원에 달할 것으로 추정되는 등 산업의 성장가능성을 전망하고 있다[3]. 따라서 EU, 노르웨이, 덴마크, 미국 등의 세계 주요 국가들은 종자, 사료, 기자재의 기술혁신을 위해 양식산업의 디지털화와 자동화를 추진하고 있다. 대한민국 정부는 바다 위 4차 산업을 위해 IoT(Internet of Things, 사물인터넷), ICT(Information & Communication Technology, 정보통신기술), 빅데이터 등의 4차 산업혁명기술을 양식산업에 적용하고 있다. 대한민국은 육안으로 관측하고 직감으로 양식하는 노동집약형 산업구조의 양식산업을 아쿠아팜을 추진함으로써 양식산업을 기술·자본집약적 지식산업으로 재편하여 스마트 양식산업의 혁신성장을 주도하고 있다. 양식산업의 전주기적 디지털 데이터화를 통해 2030년 생산원가 50% 절감, 배출수 제로, 에너지 소비량 50% 저감, 스마트양식 보급률 50% 등의 목표달성을 위해 산업육성 및 투자하고 있다.

## 2. 관련 연구

4차 산업기술을 융합한 스마트 양식장에서 특히 중

한 기반 기술은 수질센서로 수질을 측정하고 모니터링하는 것이다. 생물이 성장하고 있는 수질을 측정하고 용존 산소, 암모니아, pH, 이산화탄소 등의 최적환경을 스마트하게 제어해야 한다. 기존의 양식 기술은 포터블 센서로 개별적, 간헐적으로 수질을 측정하고 주관적 판단으로 생육하였다. 특히 수중생물에서 중요한 용존산소 측정기는 전기화학 방식으로 모니터링이 불가능하였지만, 광학방식의 측정기가 개발되면서 모니터링이 가능하게 되었고 스마트 양식장의 토대가 되었다. Lakowicz는 형광방식을 이용한 Time-Domain 형광수명과 Frequency-Domain 형광수명을 측정하여 용존산소를 나타내는 원리를 설명하였다[4]. 산소분자의 흡수광의 세기와 형광수명의 관계를 설명하고 용존산소를 측정하며 수질 환경을 모니터링하는 논의가 이루어지고 있다[5,6,7,8]. Li 등은 형광방식을 이용한 지능형 광학 용존산소 측정법으로 온라인 모니터링을 수행하였고, 용존산소 모니터링에 안정적이고 정확하며 적합하다는 연구결과를 발표하였다 [9].

미국방고등연구계획청(DARPA, Defense Advanced Research Projects Agency)은 바다에 부유 센서를 설치하고, 바다 상태와 수질 데이터를 실시간으로 측정할 수 있는 '사물의 바다(Ocean of Things)'를 추진하고 있다[10]. 센서 데이터의 신뢰성을 확보하기 위해서는 클라우드 플랫폼에서 센서의 이상정보에 대한 모니터링이 중요하다. 수질을 측정하고 모니터링이 가능하게 된 중요한 시점에 측정기기의 상태정보를 알 수 없기 때문에 모니터링 데이터의 신뢰성은 보장할 수 없는 상황이다 [11].

독일은 1990년대 화학산업을 주도하는 동안 많은 표준 인터페이스를 개발 및 적용하였다. NAMUR는 화학산업에서 측정 및 제어기술 사용자 단체에서 창립한 화학산업의 측정 및 제어를 위한 표준화 협회(Standardisation association for measurement and control in the chemical industries)이며, 독일어로는 "Normen Arbeitsgen Mess Und Regeltechnik"라 하고 약어로 NAMUR라 호칭하게 되었다[12]. NAMUR에서는 프로세스 산업의 자동화 및 디지털화 사용자에게 효율적, 지속가능한, 안전하고 신뢰할 수 있는 프로세스 제공을 위해 필드 장비의 자가 모니터링 및 진단에 대한 NE 107 (Self-Monitoring and Diagnosis of Field Devices) 표준을 2006년 제정, 2017년 개정을 통해 산업에 제공하고 있다. 현재 독일에서 인더스트리 4.0을 주도하며 표준화도 함께 본격적으로 추진하고 있으며, NAMUR에서

는 NE-107기반으로 스마트 팩토리의 센서들에 대한 자가진단 결과를 제시하도록 표준화를 진행하고 있다. On-line/In-line 산업공정에서 유지관리가 필요한 공정 센서들은 NAMUR에서 규격화한 NE-107 표준으로 자가진단 알고리즘이 탑재되어 있다. EndressHauser, YOKOGAWA, Knick, Siemens 등의 기업들은 산업에 적용되는 공정센서, CO<sub>2</sub> 센서, 압력센서, 인라인 센서, 액체 레벨 측정 센서, 초음파 유량계 등에 NAMUR NE 107, 국제산업표준 IEC 61511-1 자가 모니터링 및 진단 표준을 도입하였고, 일부는 도입을 시도하고 있다. 공정센서들의 내부 신호에 대한 고장이 있는지 모니터링하여 자가진단을 수행하고 관리자가 공정에 대한 불확실성을 최소화 할 수 있게 자가진단 정보를 제공하고 있다 [13]. 스마트 팩토리, 발전소 등의 복잡한 운전을 적절한 정보 감시 체계를 수립하기 위해 자가진단 표준들이 탑재되고 있으며, 관리자에게 적절한 시간에 경보 상태정보를 제공하고 있다[14, 15].

하지만 수질측정 분야의 수질센서에는 도입이 전무하고, 표준에 적합한 자가진단 기능이 적용된 센서를 개발하여 현재 설치되어 있는 센서를 대체하는 것은 시간과 비용측면에서 불가능하다. 따라서 기존에 설치되어 있는 수질 모니터링 센서들의 온라인 데이터 기반 수질센서 자가진단으로 신뢰성 있는 데이터 모니터링과 제품을 관리 할 수 있는 알고리즘이 필요하다. 또한 제시한 자가진단 알고리즘은 온라인 모니터링 데이터 기반이기 때문에 유사한 모니터링 관리시스템들에 활용이 가능하다.

본 논문에서는 수질센서 중에서 용존산소를 측정할 수 있는 용존산소 센서의 모니터링 데이터를 기반으로 고장, 기준일탈, 유지보수, 점검 등의 자가진단 상태를 나타내는 알고리즘을 제안한다.

### 3. 수질센서 자가진단 상태정보

자가진단 상태정보의 알림은 Failure(고장), Out of Specification(기준일탈), Maintenance Required(유지보수), Check Function(점검) 등 4가지로 구분한다 [12]. <Table 1>은 4가지 상태에 대한 정보를 정의하고 있다.

Failure는 심각한 상태로 센서와 장비의 오작동으로 신호를 신뢰할 수 없는 단계이다. Out of Specification은 약간 심각한 상태로 허용 가능한 센서의 측정범위를 벗어나는 경우이다. Maintenance Required는 센서의 노

화 등으로 수명이 거의 소진되어 유지관리가 필요한 상태이다. Check Function은 센서에서 측정시 일시적으로 유효하지 않아 관리자의 점검이 필요한 단계이다. 본 논문에서는 제시된 4가지 상태정보를 데이터 기반으로 판단하는 알고리즘을 제안한다.











<Table 1> Sensor status information

Sensor status	Description
Failure	High severity - signal invalid due to malfunction in the sensor
Out of Specification	Medium severity - permissible ambient or process conditions exceeded or the measuring uncertainty of sensors or deviations from the set value in actuators is probably greater than expected
Maintenance Required	Low severity - although the signal is valid, the remaining life is nearly exhausted or a function will soon be restricted due to operational conditions e.g. aging
Check Function	Signal temporarily invalid (e.g. frozen) due to on-going work on the device

## 4. 수질센서 자가진단 알고리즘

현장의 센서에서 데이터를 측정하고 플랫폼으로 정보를 전송한다. 데이터가 저장되고 분석되는 모니터링 과정에서 데이터에 기반한 수질센서 상태정보들은 각각의 알고리즘에 적합하도록 플랫폼에 표시된다. 본 논문에서 4가지 상태의 센서 자가진단 알고리즘을 제시하고 <Table 2>와 같은 센서 상태에 적합한 기호와 알림을 플랫폼에 나타낸다.

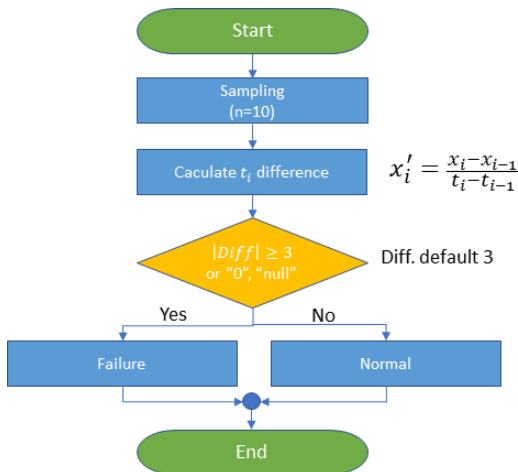
<Table 2> Water quality sensor status information

Algorithm	Status notification	Notification sign	
		Color	Symbol
Normal	Normal		
Diag. 1	Failure		
Diag. 2	Out of Specification		
Diag. 3	Maintenance Required		
Diag. 4	Function Check		

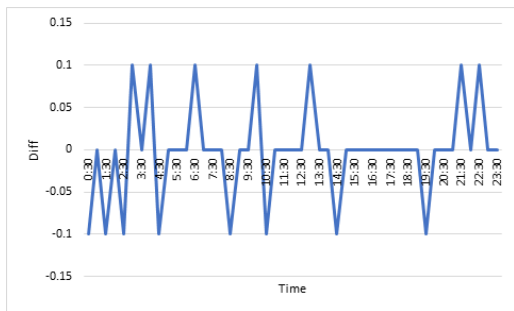
### 4.1 Failure 진단 알고리즘

먼저 모니터링 시스템과 센서의 성능수행에서 치명적인 결과를 초래할 수 있는 고장에 대한 상태 및 예측을 수행할 수 있는 Failure 진단 알고리즘을 제안한다.

국립수산과학원에서는 30분 단위로 용존산소를 측정하여 실시간 어장관측 정보를 제공하고 있다. 실시간으로 제공되는 용존산소 데이터 기반의 자가진단을 위해 현재  $t$  시점 이전 데이터를 플랫폼에서 샘플링( $n = 10$ ) 한다. 자연에서 용존산소의 순간적 급격한 변화는 일어나지 않으므로 5시간 동안의 데이터를 샘플링하였다. 추출된 데이터의 각 시점에서 기울기를 계산한다. 샘플링 데이터의 기울기의 절대값이 3보다 크거나 "0" 또는 "null"값이 나타나는 경우 고장으로 진단하고 알람 메시지가 뜨게 된다.



[Fig. 1] Failure diagnosis algorithm (Diag. 1)



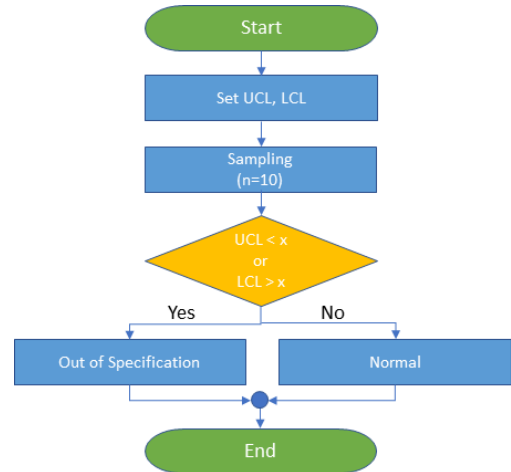
[Fig. 2] Differentiation of dissolved oxygen over time

[Fig. 1]은 데이터 기반의 고장진단 알고리즘을 나타내고 있다. [Fig. 2]는 국립수산과학원에서 제공하는 원

도균 금일도의 2020년 8월 26일의 용존산소 데이터의 기울기를 계산하여 그래프로 나타낸 것이다. 여름의 불안정한 수질상태에서도 약 7ppm의 용존산소 농도를 유지하고 있고, 시간별로 급격한 기울기 변화가 보이지 않으므로 정상 알람 메시지가 나타나게 된다.

### 4.2 Out of Specification 진단 알고리즘

센서의 측정범위는 제조사가 제시하는 값을 설정하거나 사용자가 관리할 수 있도록 한다.



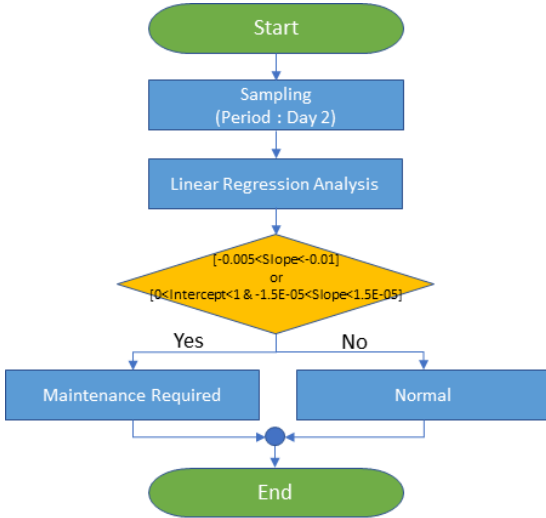
[Fig. 3] Out of specification diagnosis algorithm (Diag. 2)

월별로 관리상한(UCL, Upper Control Limit)과 관리하한(LCL, Lower Control Limit)을 설정한다. 대부분의 용존산소 농도 측정기를 제조하는 회사들의 측정범위는 0~30ppm을 제시한다. 현재  $t$  시점 이전 데이터를 플랫폼에서 샘플링( $n = 10$ ) 한다. 샘플링된 데이터들을 UCL과 LCL을 비교하여 UCL과 LCL 사이에 있으면 정상 알람이 동작하고 범위를 벗어나는 경우 Out of Specification이라는 자가진단 결과를 알림으로 제공한다. [Fig. 3]은 데이터 기반의 측정범위를 자가진단 할 수 있는 Out of Specification 진단 알고리즘을 나타내고 있다.

### 4.3 Maintenance Required 진단 알고리즘

센서의 기능에 대한 유지보수에 대한 자가진단을 실시할 경우 데이터의 지속적인 장기간의 데이터로 분석을 하기 때문에 자가진단을 실시하는 현재  $t$  시점 이전 데이터를 샘플링( $n = 2 \text{ day}$ ) 한다. 센서 성능의 열화 및

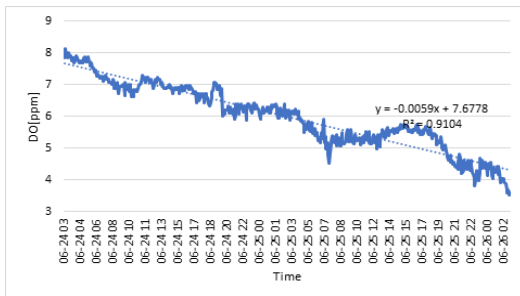
파울링(fouling) 등으로 조금씩 데이터가 열화되므로 2 일간의 데이터를 분석한다. 샘플링된 데이터는 선형회귀 분석이 수행되고 회귀분석으로 도출된 기울기(slope)의 크기가 -0.005와 -0.01 이내에 존재할 경우 유지보수가 필요한 Maintenance Required 라는 알림이 뜬다.



[Fig. 4] Maintenance Required diagnosis algorithm (Diag. 3)

파울링 등으로 센서 측정값의 움직임이 미미한 경우를 자가진단하기 위해 회귀분석에서 종속변수 절편이 0에서 1 이내에 존재하고 기울기가 거의 변화가 없는 -1.5E-05과 1.5E-05 사이일 경우 Maintenance Required 메시지가 표시된다.

[Fig. 4]는 데이터 기반의 Maintenance Required 자가진단 알고리즘을 나타내고 있다. [Fig. 5]는 센서 열화로 인해 2일 동안 약 8ppm의 산소농도에서 약 3ppm 까지 지속적으로 열화되는 현상을 나타내고 있으며 추출된 데이터를 선형회귀분석한 결과를 나타내고 있다.



[Fig. 5] Linear regression analysis of sensor degradation data

#### 4.4 Function Check 진단 알고리즘

센서의 기능을 점검하기 위해서는 일정기간 동안 센서 값의 퍼짐의 정도가 안정한지를 판단하게 된다. 즉 센서 값의 분산 크기가 커지면 정확도가 떨어지기 때문에 기능점검이 필요한 것이다. 먼저 자가진단을 실시하는 현재  $t$ 시점 이전 데이터를 샘플링( $n = 20$ ) 한다. 샘플링된 데이터들의 평균과 표준편차를 계산한다. 식(1)과 같이  $i$ 시간 데이터들에 대응하는  $Z$ -score를 계산한다.

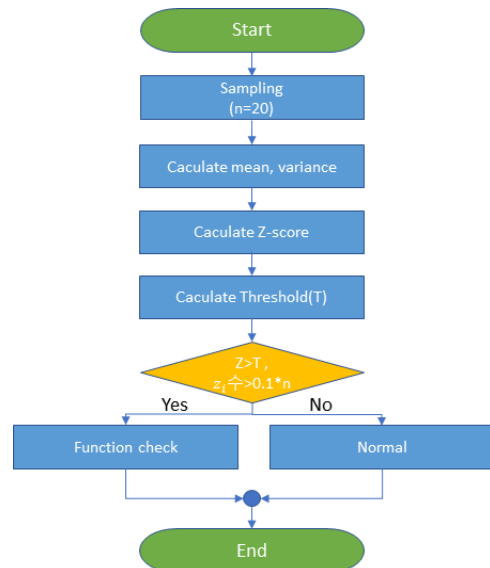
$$Z_i = \frac{|x_i - \bar{x}|}{s} \text{ -----(1)}$$

- 평균 :  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
- 분산 :  $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$
- 표본수 :  $n$

데이터들의 퍼짐의 정도를 측정하기 위해 식(2)와 같이 임계값을 계산한다.  $n$ 은 표본수를 의미하고  $\alpha$ 는 유의수준 0.05를 적용하며,  $t$ 는  $t$  분포를 나타내어 표본 데이터들의 95%의 신뢰수준으로 양측검정을 수행한다.

$$T = \frac{n-1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{t_{\alpha/(2n), n-2}^2}{n-2 + t_{\alpha/(2n), n-2}^2}} \text{ ----(2)}$$

$t_{\alpha/(2n), n-2}$ 는  $n-2$  자유도에서  $t$  분포의 upper critical value이며, 유의수준이  $\alpha/(2n)$ 가 된다[16].



[Fig. 6] Function Check diagnosis algorithm (Diag. 4)

계산된  $Z$ -score와 임계치(T)를 비교하여  $Z$ -score가 큰  $z_i$ 의 개수가 표본 데이터 수의 10% 이상일 경우 점검(Function Check) 알림이 동작한다. [Fig. 6]은 Function Check 자가진단을 수행할 수 있는 알고리즘을 나타내고 있다.

## 5. 결론

본 논문은 수질센서로 양식장의 수질을 모니터링하는 동안, 데이터의 신뢰성을 확보할 수 있도록 데이터에 기반한 센서 자가진단 상태정보를 제공할 수 있는 알고리즘을 제시하였다. 최근들어 스마트 팩토리 관련하여 자가진단 알고리즘이 탑재된 센서들이 도입되고 있지만, 수질측정분야의 자가진단 알고리즘 도입은 전무한 상태이다. 따라서 IoT가 결합된 수질센서들로 환경을 모니터링하고 있는 기관이나 단체들의 플랫폼에 반드시 적용되어야 할 알고리즘들이다. 자가진단 상태정보 알림은 NUMUR NE 107에서 제시하는 Failure, Out of Specification, Maintenance Required, Check Function 4가지로 구분된다. 제시한 수질센서 자가진단 알고리즘은 IoT 센서를 이용하여 데이터를 모니터링하고 분석 및 서비스하는 플랫폼의 모듈로 탑재되어 서비스 품질의 신뢰성을 높일 수 있다.

향후 자가진단의 분류에 따른 데이터 패턴을 빅데이터 화하고 AI 딥러닝(Deep Learning)을 활용한 센서 데이터 모니터링 및 서비스 알고리즘에 대한 연구가 필요하다. 또한 현재 데이터를 모니터링하고 있는 센서들의 데이터 패턴을 분석하고 분야별, 센서별, 환경별 맞춤형 자가진단 알고리즘을 개발하여 서비스 플랫폼에 탑재하고 서비스하는 것이 필요하다. 미래의 먹거리 산업으로 중요성이 대두되는 양식분야의 전방위적 센서 모니터링 기술도입으로 지속가능한 혁신성장을 도모해야 할 것이다.

## REFERENCES

- [1] A.Erken, State of World Population 2020, UNFPA, 2020.
- [2] J.Y.Lim, Current Status and Future Tasks of the Smart Aquaculture Industry, National Assembly Research Service, 2019.
- [3] J.B.Yoo, ICT R&D Technology Roadmap 2025, Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation, 2020.
- [4] J.R.Lakowicz, Principles of Fluorescence Spectroscopy, Springer, 2006.
- [5] S.J.Strickler and R.A.Berg, "Relationship between absorption intensity and fluorescence life time of molecules," The Journal of Chemical Physics, Vol.37, No.4, pp.814-822, 1962.
- [6] Y.We, Y.Jiao, D.An, D.Li, W.Li and Q.We, "Review of Dissolved Oxygen Detection Technology: From Laboratory Analysis to Online Intelligent Detection," Sensors, Vol.19, No.18, pp.3995-4032, 2019.
- [7] H.Tai, Y.Yang, S.Liu and D.Li, "A Review of Measurement Methods of Dissolved Oxygen in Water," International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture, pp.569-576, 2011.
- [8] R.T.Wilkin, M.S.McNeil, C.J.Adair and J.T.Wilson, "Field Measurement of Dissolved Oxygen: A Comparison of Methods," Ground Water Monitoring and Remediation, pp.124-132, 2001.
- [9] F.Li, Y.We, Y.Chen, D.Li and X.Zhang, "An Intelligent Optical Dissolved Oxygen Measurement Method Based on a Fluorescent Quenching Mechanism," Sensor, Vol.15, pp.30913-30926, 2015.
- [10] DARPA, Ocean of Things Aims to Expand Maritime Awareness across Open Seas, DARPA, 2017.
- [11] S.W.Kim and Y.S.Choi, "Implementation of an Automated In-line Water Quality Measurement System of Recirculation Fish Farm with IoT," The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol.12, No.3, pp.477-484, 2017.
- [12] NAMUR, NE 107: Requirements to Self-Monitoring and Diagnosis of Field Devices, NAMUR, 2017.
- [13] A.S.Morris and R.Langari, Measurement and Instrumentation, Academic Press, 2020.
- [14] A.Ajmeri, Frame Application FieldMate and NE 107 Compliant Device DTMs Enable Diagnostic Tunneling and Alarm Management, CONTROL, 2014.
- [15] V.Kapoor and D.Haller, "Cloud-based standardized device diagnostics for optimized operability of plants in the process industry: Cloud based self-monitoring and diagnosis of the field devices," IoT '20 Companion: 10th International Conference on the Internet of Things Companion, Vol.21, pp.1-7, 2020.
- [16] F.E.Grubbs, "Sample Criteria for Testing Outlying Observations," The Annals of Mathematical Statistics, Vol.21, No.1, pp.27-58, 1950.

김 흥 중(HongJoong Kim) [정회원]



- 2016년 2월 : 광주대학교 세무경영학과 (경영학석사)
- 2011년 2월 ~ 2014년 3월 : (재)광주테크노파크 기술지원실장
- 2022년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 컴퓨터공학과 박사과정
- 2021년 8월 ~ 현재 : ㈜지아이랩 대표

<관심분야>

사물인터넷, 정보통신, 인지재활

김 종 민(Jong-Min Kim) [정회원]



- 2008~2016 : ㈜해건 대표이사
- 2017~현재 : ㈜조인트리 부사장
- 2021년 2월 : 동신대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 컴퓨터공학과 박사과정

<관심분야>

정보통신, 인공지능, 스마트 플랫폼

강 태 형(Tae-Hyung Kang) [정회원]



- 2002년 2월 : 전남대학교 산업공학과 (공학석사)
- 2008년 2월 : 전남대학교 산업공학과 (공학박사)
- 2008년 9월 ~ 2015년 5월 : 한국광기술원 시험 연구원
- 2018년 11월 ~ 현재 : ㈜조인트리 수석연구원

<관심분야>

인공지능, 딥러닝, 스마트 플랫폼

류 갑 상(Gab-Sang Ryu) [종신회원]



- 1985년 3월 ~ 1996년 2월 : 한국기계연구원, 선임연구원
- 1996년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 컴퓨터공학과 교수
- 2020년 1월 ~ 2021년 1월 : 한국소프트웨어품질안전포럼, 의장

<관심분야>

블록체인, SW품질, 정보보호