



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2022년 8월

박사학위논문

# 수리시설물에 지능정보기술을 적용한 자율운영관리 시스템에 관한 연구

조선대학교 대학원

기계시스템·미래자동차공과

안 태 형

# 수리시설물에 지능정보기술을 적용한 자율운영관리 시스템에 관한 연구

A Study on Autonomous Operation Management  
System Applying Intelligent Information Technology  
to Hydraulic Facilities

2022년 8월 26일

조선대학교 대학원

기계시스템·미래자동차공학과

안 태 형

# 수리시설물에 지능정보기술을 적용한 자율운영관리 시스템에 관한 연구

지도교수 김 재 열

이 논문을 공학박사학위신청 논문으로 제출함

2022년 4월

조선대학교 대학원

기계시스템·미래자동차공학과

안 태 형

## 안태형의 박사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 김지훈 (인)

위원 조선대학교 교수 김경석 (인)

위원 송원대학교 교수 한재호 (인)

위원 전주대학교 교수 조영태 (인)

위원 조선대학교 교수 김재열 (인)

2022년 6월

조선대학교 대학원

## 목 차

LIST OF FIGURES .....	iv
LIST OF TABLE .....	xi
ABSTRACT .....	xii
제 1 장 서 론 .....	1
제 1 절 연구의 배경 .....	1
제 2 절 연구의 필요성 .....	2
제 3 절 연구의 방법 .....	3
제 2 장 자율운영 시스템 원리 .....	5
제 1 절 지능정보기술 .....	5
1. 지능정보기술 기반 자율운영 시스템 .....	5
2. 지능정보기술 기반 자율운영 시스템 기술동향 .....	5
3. 특허 분석 및 동향 .....	7
제 2 절 자율운영 시스템 구성 .....	13
1. 사물인터넷(IoT) 통신모듈 탑재 .....	13
2. 자율 운영 및 관리시스템 .....	13

3. 자율 운영 및 관리 기능 .....	13
4. 자율운영 시스템 사진 및 사양 .....	14
5. 자율운영 시스템 운영흐름 .....	14
6. 자율운영 시스템 하드웨어 구성 .....	15
7. 자율운영 시스템 하드웨어 도면 .....	20
8. 자율운영 시스템 제작 방법 .....	21
9. 자율운영 시스템 시험구성 .....	24
10. 자율운영 시스템 시험목표 및 지표 .....	25

## 제 3 장 자율운영 시스템 구성 및 실험 ..... 26

### 제 1 절 자율운영 시스템 구성 ..... 26

1. 사물인터넷부 .....	26
2. 전원부 .....	32
3. 신호변환부 .....	34
4. 계측부 .....	37
5. 감시부 .....	40
6. 제어부 .....	44

### 제 2 절 기계과부하 동작 실험 및 분석 ..... 47

1. 기계과부하 분석 .....	47
2. 기계과부하 진단 및 자율대응 프로세스 .....	66
3. 자율운영관리 진동 측정 시스템 .....	69

4. 자율운영관리 소음 측정 시스템 .....	76
5. 자율운영관리 전류 측정 시스템 .....	82
<b>제 3 절 통신두절 시 대응 실험 및 분석 .....</b>	<b>88</b>
1. 통신두절 시 데이터 관리운영 분석 .....	88
2. 통신두절 시 데이터 자동저장부 .....	89
3. 통신재개 시 데이터 자동전송부 .....	92
4. 통신재개 시 데이터 자동복구부 .....	94
<b>제 4 절 온도와 습도에 대한 동작 실험 및 분석 ..</b>	<b>99</b>
1. 자율운영 시스템 온도 실험 및 결과검토 .....	99
2. 자율운영 시스템 습도 실험 및 결과검토 .....	104
<b>제 4 장 결론 .....</b>	<b>111</b>
<b>REFERENCE .....</b>	<b>114</b>



## LIST OF FIGURES

Fig. 2-1	Initial hydraulic facilities management .....	6
Fig. 2-2	One-step connected method used before 2015 .....	7
Fig. 2-3	Autonomous method applying intelligent information technology since 2016 .....	7
Fig. 2-4	SYSTEM photo .....	14
Fig. 2-5	SYSTEM operation flow chart .....	15
Fig. 2-6	SYSTEM hardware block diagram .....	16
Fig. 2-7	Artwork composition on the left side of the PCB(a) .....	17
Fig. 2-8	Artwork composition on the left side of the PCB(b) .....	17
Fig. 2-9	PCB photo on the left side of the SYSTEM(a) .....	18
Fig. 2-10	PCB photo on the left side of the SYSTEM(b) .....	18
Fig. 2-11	PCB photo on the right side of the SYSTEM(a) .....	19
Fig. 2-12	PCB photo on the right side of the SYSTEM(b) .....	19
Fig. 2-13	SYSTEM hardware drawing (CPU module) .....	20
Fig. 2-14	SYSTEM hardware drawing (extended I/O module) .....	20
Fig. 2-15	Operating program full screen configuration A .....	22
Fig. 2-16	Operating program full screen configuration B .....	23
Fig. 2-17	Operating program full screen configuration C .....	24
Fig. 2-18	SYSTEM test configuration diagram .....	24
Fig. 3-1	Internet of Things(IoT) communication unit circuit diagram .....	27
Fig. 3-2	Internet of Things(IoT) Communication department PCB Artwork .....	28
Fig. 3-3	PCB picture .....	28
Fig. 3-4	Photo of parts mounted on PCB .....	28
Fig. 3-5	Prototype operation, function, performance test photos .....	29

Fig. 3-6	Program screen before click	30
Fig. 3-7	Water gate open DI terminal waveform	30
Fig. 3-8	Water gate open button color change time (3 seconds 29)	31
Fig. 3-9	Water gate open program screen	31
Fig. 3-10	Power supply circuit diagram	32
Fig. 3-11	Power on the prototype and measurement of the multimeter	33
Fig. 3-12	Multimeter DC 12V readings	33
Fig. 3-13	Signal converter circuit diagram	34
Fig. 3-14	Current applied photo	35
Fig. 3-15	Voltage applied photo	35
Fig. 3-16	Multimeter 4mA reading	35
Fig. 3-17	Multimeter 1V reading	35
Fig. 3-18	4mA current application admin tool program screen	36
Fig. 3-19	1V voltage application admin tool program screen	36
Fig. 3-20	Multimeter 20mA reading	36
Fig. 3-21	Multimeter 5V reading	36
Fig. 3-22	20mA current application admin tool program screen	36
Fig. 3-23	5V voltage application admin tool program screen	36
Fig. 3-24	Measurement unit (AI) circuit diagram	37
Fig. 3-25	Program screen before floodgate opening	38
Fig. 3-26	Program screen water gate opening rate change start time (4 seconds 10)	38
Fig. 3-27	Program screen when water gate is opened	39
Fig. 3-28	Water gate opening rate AI terminal change waveform	39
Fig. 3-29	Status monitoring unit(DI) circuit diagram	40
Fig. 3-30	Status program screen before full closing of the water gate	41
Fig. 3-31	Program display time (2 seconds 92)	42
Fig. 3-32	Status program screen when the water gate is completely closed	42

Fig. 3-33 Water Gate Closed and Fully Closed DI Terminal Waveforms	43
Fig. 3-34 Control unit (DO) circuit diagram	44
Fig. 3-35 Program screen before click to gate opening	45
Fig. 3-36 Water gate opening start time (3 seconds 47)	45
Fig. 3-37 Water gate opening DO and DI terminal waveform	46
Fig. 3-38 Program screen after clicking to open the water gate	46
Fig. 3-39 Photo of contaminants flowing into the water gate during rainfall	47
Fig. 3-40 Experimental water gate without contaminants	48
Fig. 3-41 Insert contaminants into the lower part of the experimental water gate	49
Fig. 3-42 1st normal and abnormal current change graph	50
Fig. 3-43 1st normal and abnormal vibration change graph	50
Fig. 3-44 1st normal and abnormal noise change graph	51
Fig. 3-45 2nd normal and abnormal current change graph	51
Fig. 3-46 2nd normal and abnormal vibration change graph	52
Fig. 3-47 2nd normal and abnormal noise change graph	52
Fig. 3-48 3rd normal and abnormal current change graph	53
Fig. 3-49 3rd normal and abnormal vibration change graph	53
Fig. 3-50 3rd normal and abnormal noise change graph	54
Fig. 3-51 4th normal and abnormal current change graph	54
Fig. 3-52 4th normal and abnormal vibration change graph	55
Fig. 3-53 4th normal and abnormal noise change graph	55
Fig. 3-54 5th normal and abnormal current change graph	56
Fig. 3-55 5th normal and abnormal vibration change graph	56
Fig. 3-56 5th normal and abnormal noise change graph	57
Fig. 3-57 6th normal and abnormal current change graph	57
Fig. 3-58 6th normal and abnormal vibration change graph	58
Fig. 3-59 6th normal and abnormal noise change graph	58

Fig. 3-60 7th normal and abnormal current change graph .....	59
Fig. 3-61 7th normal and abnormal vibration change graph .....	59
Fig. 3-62 7th normal and abnormal noise change graph .....	60
Fig. 3-63 8th normal and abnormal current change graph .....	60
Fig. 3-64 8th normal and abnormal vibration change graph .....	61
Fig. 3-65 8th normal and abnormal noise change graph .....	61
Fig. 3-66 9th normal and abnormal current change graph .....	62
Fig. 3-67 9th normal and abnormal vibration change graph .....	62
Fig. 3-68 9th normal and abnormal noise change graph .....	63
Fig. 3-69 10th normal and abnormal current change graph .....	63
Fig. 3-70 10th normal and abnormal vibration change graph .....	64
Fig. 3-71 10th normal and abnormal noise change graph .....	64
Fig. 3-72 Overload diagnosis and autonomous response flowchart .....	66
Fig. 3-73 Click the Settings button on the program screen .....	67
Fig. 3-74 Water level setting and measurement program screen .....	68
Fig. 3-75 Setting value input program screen .....	68
Fig. 3-76 Setting saving completion program screen .....	69
Fig. 3-77 Program screen when water gate is opened .....	70
Fig. 3-78 Inland water level AI(upper) and open DI(lower) signal waveforms .....	70
Fig. 3-79 Vibration AI terminal waveform(when reaching 1/2 of the vibration range) .....	71
Fig. 3-80 Change the color of the vibration display when the water gate is opened .....	72
Fig. 3-81 Vibration AI terminal waveform(exceeding the vibration range), open DI signal waveform .....	73
Fig. 3-82 Change the color of the vibration display part of the program screen and stop the water gate .....	73
Fig. 3-83 Vibration AI terminal waveform(below the vibration range), water gate opening DI signal waveform .....	74

Fig. 3-84 Change the color of the vibration display when the water gate is opened .....	75
Fig. 3-85 Water gate open program screen .....	76
Fig. 3-86 Inland water level AI and water gate open DI signal waveform .....	77
Fig. 3-87 Noise AI terminal waveform(when reaching 1/2 of the noise range) .....	78
Fig. 3-88 Change the color of the noise display on the program screen and the water gate open screen .....	78
Fig. 3-89 Noise AI terminal waveform(over noise range), open DI terminal signal waveform .....	79
Fig. 3-90 Change the color of the noise display on the program screen and stop the water gate .....	80
Fig. 3-91 Noise AI terminal waveform(below the noise range), water gate open DI terminal signal waveform .....	81
Fig. 3-92 Change the color of the noise display on the program screen and the water gate open screen .....	81
Fig. 3-93 Water gate closing program screen .....	82
Fig. 3-94 Water level AI and water gate closed DI terminal signal waveforms .....	83
Fig. 3-95 Current AI terminal waveform(over current value), water gate close DI terminal signal waveform .....	84
Fig. 3-96 Program screen where the sluice gate is stopped by exceeding the set current value .....	84
Fig. 3-97 Open when the water gate is opened DI terminal signal waveform .....	85
Fig. 3-98 Program screen when water gate is opened .....	85
Fig. 3-99 Water gate open DI terminal signal waveform when the gate is stopped .....	86
Fig. 3-100 Program screen when the water gate is stopped .....	86
Fig. 3-101 Program screen when changing color of current display .....	87
Fig. 3-102 Flowchart of data storage in case of communication loss .....	89
Fig. 3-103 Communication loss status program screen .....	90

Fig. 3-104 Database log program screen .....	91
Fig. 3-105 In-memory data storage confirmation program(Debug Tool) screen .....	91
Fig. 3-106 Communication restart data transfer flow chart .....	92
Fig. 3-107 Normal communication status program screen .....	93
Fig. 3-108 Database log program screen .....	94
Fig. 3-109 Data automatic recovery flow chart when communication resumes .....	95
Fig. 3-110 Time elapsed from USIM chip removal to reinsertion(3 hours) .....	96
Fig. 3-111 Database (MS-SQL) log screen when USIM chip is removed .....	97
Fig. 3-112 Database log screen with data lost for 3 hours .....	97
Fig. 3-113 Database log excel file extraction screen with data lost for 3 hours .....	98
Fig. 3-114 Operating Temperature Test Profile .....	99
Fig. 3-115 Temperature chamber internal temperature change graph(-20 ~ 85℃) .....	100
Fig. 3-116 A photo of the prototype before the test in the temperature chamber .....	101
Fig. 3-117 Photo during temperature chamber test .....	101
Fig. 3-118 Check DO value of 1 before test .....	102
Fig. 3-119 Check DO LED lighting before test .....	102
Fig. 3-120 Check DO value 1 during test .....	103
Fig. 3-121 Check DO LED lighting during test .....	103
Fig. 3-122 Check DO value 1 after test .....	104
Fig. 3-123 Check DO LED lighting after test .....	104
Fig. 3-124 Operating Humidity Test Profile .....	105
Fig. 3-125 Humidity chamber internal humidity change graph(relative humidity 85%) .....	106
Fig. 3-126 A photo of the prototype before the test in the humidity chamber .....	106
Fig. 3-127 Photo during humidity chamber test .....	107
Fig. 3-128 Check DO value of 1 before test .....	107
Fig. 3-129 Check DO LED lighting before test .....	108

Fig. 3-130 Check DO value 1 during test ..... 108

Fig. 3-131 Check DO LED lighting during test ..... 109

Fig. 3-132 Check DO value 1 after test ..... 109

Fig. 3-133 Check DO LED lighting after test ..... 110

## LIST OF TABLE

Table 2-1	List of related patents owned by researchers	8
Table 2-2	SYSTEM photos and specifications	14
Table 2-3	Step-by-step hardware research method	21
Table 2-4	Step-by-step firmware research method	22
Table 2-5	SYSTEM test goals and indicators	25
Table 3-1	Signal conversion test procedure(current, voltage)	35
Table 3-2	Comparison of system response when contaminants is caught in the water gate	65
Table 3-3	Comparison of response technology in case of communication loss	88
Table 3-4	Test results for each test item of operating temperature	100
Table 3-5	Test results for each test item of operating humidity	105



# ABSTRACT

## A Study on Autonomous Operation Management System Applying Intelligent Information Technology to Hydraulic Facilities

By Ahn Tae-Hyung

Advisor : Prof. Kim Jae-Yeol, Ph.D.

Dept. of Mechanical Systems and

Future Automotive Engineering

Graduate School of Chosun University

In order to leap into an intelligent information society in which new values are created and developed, the government is preparing to leap into an intelligent information society in which new values are created and developed by universally using intelligent information technology that combines the 4th industry's artificial intelligence(AI) with generated, collected, and accumulated data in all fields of economy, society, and life. Efforts are being made to make the national infrastructure intelligent.

Therefore, in this study, an autonomous operation management system for hydraulic facilities was studied by applying intelligent information technology, which has become an issue recently.

When the facility is controlled at the time of occurrence of rainfall due to environmental change due to global warming, it shows a large amount of rainfall in a short period that exceeds the capacity such as drainage, it has reached the limit of structural responses such as elevation of the reservoir bank.

In addition, it is difficult for a limited number of manpower to manage simultaneous machine, communication problems, and on-site variables that occur in multiple facilities in urgent situations such as localized torrential rain. In other words, in the case of a monitoring, measuring and control system managed remotely by manpower, in a situation in which remote control is impossible due to a failure due to overload of the machine or communication interruption, it is difficult for the manager to directly go to the site of heavy rain and solve it within the golden time. Failure to do so may result in personal and property damage.

In particular, in the case of the remote monitoring and control system, which is the existing management method, the manager controls the repair facility only by looking at the data displayed on the monitor.

Therefore, in this study, it was possible to analyze the failure of the hydraulic facilities by various measurement variables such as vibration, sound, temperature, and current during operation check, thereby providing the versatility to check the operation of various hydraulic facilities.

In other words, when the repair facility is operating, it can be seen and heard with the naked eye, and the status of parts that cannot be seen, such as the trend of temperature rise, vibration, and noise level of the repair facility that cannot be confirmed during operation, is analyzed to enable the manager to take prompt action. By increasing the safety and reliability of the operation that makes this possible, it is possible to

prevent all safety accidents that occur in the field in advance rather than responding to them, thereby protecting valuable life and property, and providing scientific and systematic water supply.

In the existing wired communication network, wired communication is frequently interrupted due to lightning, which accompanies rain, and remote management cannot be performed when it is actually necessary. In case of communication interruption, field data stored in the database is lost, and data at an important point in time are missing, so the reliability of the stored data is lowering.

Therefore, in this study, wireless communication using the Internet of Things (IoT) communication network of the 4th industrial technology is installed in the prototype to reduce wired communication construction costs, prevent resource waste and environmental damage due to communication facility construction, and It was intended to prepare for communication loss.

In the previous method, in order to remotely manage the repair facility, a number of on-site equipment configured in remote locations and a central server that centrally manages them were configured to perform monitoring from a remote location. At this time, the wired communication method is mainly adopted for data communication.

However, if a problem occurs in the wired communication method, data transmission is stopped until the communication is impossible and recovery is stopped. The risk of inflicting damage to the enemy had to be inherent.

In this study, even when communication is interrupted, data loss was prevented by continuously operating the facility with a set scenario to control the repair facility and storing the operation information in the

memory of the prototype. In addition, by providing the central server with the operation result information stored in the memory of the prototype when communication is resumed, it is possible to prevent data duplication due to communication resumption, and at the same time, the administrator can provide information on the operation result when communication of hydraulic facilities is interrupted. Also, it was possible to check without loss of automatic operation history information regardless of the communication status with the field.

In this study, data loss was prevented by continuously operating the facility in a set scenario to control the repair facility and storing the operation information in the memory of the prototype even when communication was interrupted. In addition, by providing the central server with the operation result information stored in the memory of the prototype when communication is resumed, it is possible to prevent data duplication due to communication resumption, and at the same time, the administrator can provide information on the operation result when communication of hydraulic facilities is interrupted. Also, it was possible to check without loss of automatic operation history information regardless of the communication status with the field.

In addition, the existing system was studied to meet the industrial needs to solve the problem that the operating temperature and operating humidity were not suitable in the rainy season when hydraulic facilities are mainly operated.

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구의 배경

수리시설물의 관리는 도시운영과 농업의 성패를 좌우한다. 하지만 온난화로 인해 기상을 예측하는데 어려움이 있다. 태풍이나 홍수와 같은 자연재해도 수리시설물을 적절하게 활용하여 대응할 수 있다. 하지만 최근에는 수리시설물의 환경적 요인과 대응능력이 부족하여 피해가 증가하고 있다. 지구온난화 등 기후변화로 최근 10년간 1일 100mm 이상의 집중호우 발생 빈도가 1.5배 증가하였다. 지난해 국내 연평균 기온은 평년 12.5도보다 높은 13.2도로, 이는 1973년 이후 다섯 번째로 높게 나타난 것이다. 또한, 연평균 누적 강수량은 1591.2mm(평년 1207.6~1446.0mm)로 역대 여섯 번째로 많았던 해였다.<sup>[1]</sup> 이와같은 기온변화는 집중호우와 태풍에 영향을 끼친다. 2020년 8월 7일부터 8일까지 전라남도에서 이런 파상적인 폭우 사태로 인해 도심과 농경지 침수, 정전, 산사태, 홍수 및 범람, 도로 등 시설물 유실, 저수지과 제방 붕괴의 막대한 피해가 발생했다. 태풍과 호우로 인한 재산피해는 1조2585억원, 인명피해는 46명에 달했다. 이는 최근 10년(2010~2019) 연평균 피해(재산 3883억원, 인명 14명) 규모의 3배를 넘는 수치다. 또한, 해수면 상승은 연안 지역의 침수위험을 가중시킨다. 집중 강우 등에 의한 피해 규모의 80% 이상이 국가 소유 및 운영의 기반시설을 포함한 공공시설에서 발생했다. 재난재해는 예측하지 못한 돌발적 상황에서 동시다발적으로 발생하는데 다수의 현장을 관리하는 소수의 인력이 골든타임 내에 대응하는 것은 한계가 있다.<sup>[1]-[7]</sup>

수리시설물은 고르게 내리는 평균 강우량을 적용하여 시설·관리되어 왔다. 하지만 최근 집중호우로 인해 홍수저감 시설의 수용 한계를 초과하여 대규모

홍수피해가 발생하고 있다. 또한, 도시화의 진행에 따라 불투수층 증가, 홍수도달시간 단축 및 침투유출량이 증가해왔다. 이에 하천 및 배수펌프장의 설계빈도를 상회하는 초과유출량 발생했다. 따라서 도시지역의 하천정비 및 배수펌프장 설치 등 구조적인 치수 대책만으로는 침수피해 예방의 한계점에 도달하고 있는 실정이다.

이와 같은 한계 상황에서 기존 시스템은 수치 데이터를 보고 제어한다. 현장을 보고 듣지 못한 상태에서 수치 데이터에 의존하여 원격으로 시설물을 제어하게 되면 신뢰도가 떨어질 수 있다. 그에 따라 관리자들이 원격 제어를 기피하면서 현장으로 이동하여 직접 조작해왔다. 이후 고도화를 통해 현장 상황을 보기 위해 카메라를 설치하고 중앙통제소에서 계측·감시·제어와 별도로 영상감시 컴퓨터와 모니터를 통해 이원화된 운영을 하였으나, 수문이나 펌프의 과부하로 인한 고장, 통신두절의 문제로 자동화 시스템을 활용하지 못하고 인력이 현장에서 직접 재해관리 시설물을 수동으로 조작하는 경우가 많았다.

## 제 2 절 연구의 필요성

4차 산업혁명에 따른 수리시설물의 자율운영 시스템은 관리 인력의 고령화와 운영에 따른 비용절감에 위해 개선이 필요하다. 기존 연구는 용수공급을 위한 모델링에 대한 연구로 한정되어 있는데, 이는 효율적인 물 공급을 연구한 것이다.<sup>[18,19,21]</sup> 또한, 무선통신을 적용한 원격제어에 대한 연구도 있다.<sup>[20]</sup> 이 연구의 목적은 기존의 유선으로 연결된 통신 방식을 무선으로 변경하는 연구이다. 하지만 수리시설물이 실제 현장에서 적절하게 사용되지 못하는 원인에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다. 이는 기존 연구의 수행을 하기 위한 수단이자 무선으로 적용된 시스템의 사용 효율을 높이는 중요한 요소이기에 수리시설물의 실질적 적용에 대한 연구의 필요성이 높다. 따

라서 본 연구에서는 기존 시스템의 한계에 대해 분석하고, 지속적으로 사용  
 하기 위해서는 대응방안이 필요하다.<sup>[22]-[49]</sup>

시스템의 한계는 수리시설물의 구조적 한계와 시스템의 비구조적 한계로  
 구분된다. 첫째로 구조적 대응의 한계는 기존 수리시설물은 고르게 내리는  
 평균 강우량을 적용하여 시설·관리되어 왔으나 최근 시간당 수십 밀리미터  
 의 폭우가 빈번히 발생되어 시설물의 수용 한계를 넘는 강우가 발생하고 있  
 다. 또한, 불투수층 증가, 홍수도달시간 단축 및 침투유출량 증가로 인해 하  
 천 및 배수펌프장의 설계빈도를 상회하는 초과유출량 발생으로 범람과 침수  
 피해가 가중되고 있다. 도시지역 또한 입지적인 한계와 시설의 규모의 한계  
 로 구조적인 대책만으로는 침수 피해 예방의 한계점에 도달하고 있는 실정  
 이다.

두 번째로 비구조적 한계로 각종 용수공급 및 농업재해 시설물을 관리하는  
 시스템은 관리인력의 고령화로 인해 전문성이 떨어지고, 잘못된 동작으로  
 인한 피해사례도 발생하였다. 하지만 시스템에도 수치 데이터만 보고 현장  
 의 상태를 판단해야 하는 어려움도 있어 원격 제어보다는 현장을 방문해서  
 수동으로 제어하는 방식을 선호하여 왔다. 추가로 카메라를 설치하여 모니  
 터링 하였으나 하루 24시간 모니터링을 할 수 없어 원격제어에 대한 근본적  
 인 해결방안으로는 부족하다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 기존에 구축된 수리시설물을 재정비하기는  
 막대한 예산이 들어가며, 관개시설과 함께 재정비되어야 함에 따라 오랜 시  
 간동안 전국적인 재정비가 이루어져야 한다. 따라서 수리시설물의 제약조건  
 을 극복하기 위해서는 현재 구조적 한계를 극복할 수 있는 방안을 비구조적  
 인 측면에서 연구하여야 한다.

### 제 3 절 연구의 방법

본 논문에서는 먼저 지능정보기술을 적용하기 위한 기술의 동향을 분석한다. 기술의 동향은 산업계에서 최근 10년 이내에 등록된 특허를 중심으로 살펴보는 것이다. 더불어 기존 시스템의 현황을 분석하여 개선된 대응방안을 도출한다. 이를 토대로 시스템 구성요소에 대한 자율운영 시스템의 설계 및 제작방법을 제시한다. 자율운영 시스템은 사물인터넷부, 전원부, 신호변환부, 계측부, 제어부이다. 실험에 대한 내용은 다음과 같다.

첫째, 자율운영 시스템 시스템은 회로설계와 아트웍을 통해 제작된다. 그리고 자율운영 시스템의 구성은 사물인터넷부, 전원부, 신호변환부, 계측부, 감시부, 제어부이다. 그리고 이 여섯가지 모듈에 대해 각각의 동작신호에 따른 출력 전압이 발생하는 것으로 정상 동작을 실험한다.

둘째, 기계과부하가 발생하는 상황을 전압 측정방식으로 분석한다. 분석 방법은 기계과부하 시 전압측정 방식으로 오실로스코프를 이용하여 전압 변화를 분석한다. 이를 대응하기 위해 시나리오를 만들었으며, 자율운영 시스템으로 구현한다. 마지막으로 시스템이 정상 동작하는지 실험한다.

셋째, 통신두절 시 데이터 관리 운영에 대한 실험은 먼저 가상 시나리오를 만드는 것이다. 그리고 사전 설정된 값으로 자율운전이 하도록 한다. 이 실험에서 자율운전을 할 때에 데이터가 저장되는 지 확인한다. 마지막으로 통신 복구되었을 때 자율운영 시스템가 서버로 데이터를 전송하는 기능을 실험한다.

넷째, 자율운영 시스템의 온도와 습도의 동작 실험은 챔버에서 진행된다. 이 실험은 자율운영 시스템이 챔버에서 일정시간 방치된 후에 정상적으로 동작하는지를 파악하기 위해 실험한다.



## 제 2 장 자율운영 시스템 원리

### 제 1 절 지능정보기술

#### 1. 지능정보기술 기반 자율운영 시스템

지능정보기술을 기반으로 운영되는 자율운영 시스템은 동시다발적으로 발생하는 재난재해에 대하여 골든타임 내에 신속하게 대응하기 위해 고안된 기술이다. 이 기술은 기계의 진동, 온도, 동작소음, 전압, 전류 등 현장 상황에 맞는 다양한 판단기준을 설정하고 분석한다. 이에 따른 이상 유무 판단을 시스템이 자율 대응하여야 한다. 통신두절 시 자동으로 대처함으로써 인명과 재산 피해를 저감하는 기술이다.

#### 2. 지능정보기술 기반 자율운영 시스템 기술동향

지능정보기술 기반 자율운영 시스템의 기술적인 동향을 살펴보면, 2019년 2월 18일 미국 플로리다 주 올랜도에서 개최된 가트너 심포지엄/IT 엑스포에서 “2019년 주목되는 10대 전략 기술 트렌드”로 자율 사물이 제시되었다. 이 기술은 향후 산업계 전반에 자율적으로 운영되는 사물이 급속히 보급될 추세이다.

2018년에 발간된 정보통신기획평가원(IITP)의 ICT R&D 기술 로드맵 2023에 따르면<sup>[8]</sup> 사물인터넷은 인터넷을 기반으로 다양한 사물, 공간 및 사람을 유기적으로 연결하고, 상황을 분석·예측·판단하여 지능화된 서비스로 소개되었다. 이 기술은 자율적으로 제공하는 제반 인프라 및 융복합 기술로 정의

되었다.

2019년 4월 한국정보화진흥원(NIA)이 발간한 <지능형 사물인터넷 네트워크의 진화>에 따르면 Fig. 2-1과 같이 사물인터넷 기술 발전단계를 1단계 연결형(connectivity) 사물 인터넷, 2단계 지능형(intelligence) 사물인터넷, 3단계 자율형(autonomy) 사물인터넷으로 규정하였다.<sup>[9]</sup>



1단계 (연결형)	<ul style="list-style-type: none"> <li>사물이 인터넷에 연결되어 주변환경을 센싱하고 그 결과를 전송, 모니터링한 정보를 통해 원격에서 사물이 제어되는 단계</li> </ul>
2단계 (지능형)	<ul style="list-style-type: none"> <li>1단계 기술에 지능이 추가되어 사물이 센싱 및 전송한 데이터를 분석 및 예측하는 지능적 행위를 취할 수 있는 단계</li> </ul>
3단계 (자율형)	<ul style="list-style-type: none"> <li>사물 간 분산 협업 기능을 기반으로 상호 소통하며, 공간, 상황, 사물 데이터의 복합 처리를 통해 스스로 의사결정을 하고 자율적으로 제어할 수 있는 단계</li> </ul>

※ [발췌] 한국정보화진흥원 2019년 4월 발간 “지능형 사물인터넷 네트워크의 진화” 중 10페이지

Fig. 2-1 Internet of Things(IoT) Technology Development Prospects(9)

연결형 사물인터넷은 사물이 인터넷에 연결되어 주변환경을 센싱하고 그 결과를 전송할 수 있으며 모니터링한 정보를 통해 원격에서 사물이 제어되는 단계이다. 이는 Fig. 2-2와 같이 현장은 PLC(Programmable Logic Controller)와 센서로 구성되고 중앙관리소에서 관리자가 HMI(Human Machine Interface) 프로그램을 통해 표출된 데이터를 모니터링하며, 사물을 원격으로 제어한다.



Fig. 2-2 One-step connected method used before 2015

지능형 사물인터넷은 사물이 센싱 및 전송한 센싱된 데이터를 분석 및 예측할 수 있다. 또한 자율형 사물인터넷은 Fig. 2-3과 같이 사물 간 분산 협업 지능을 기반으로 상호소통하며 공간, 상황, 사물 데이터의 복합처리를 통해 스스로 의사결정을 하고 물리 세계를 자율적으로 제어할 수 있는 단계이다.



Fig. 2-3 Autonomous method applying intelligent information technology since 2016

### 3. 특허 분석 및 동향

아래의 Table 2-1은 본 연구를 위해 조사한 특허 내용이다. 먼저, 특허

10-2184531 수위 변화에 따라 수문 개도율을 자율 조절하는 수문개폐장치 (2020.11.24.)<sup>[10]</sup>에 대한 요약은 배수로, 강, 하천, 댐, 저수지 등과 같이 수문이 설치되는 장소에 설치되어, 외수위와 내수위의 수위변화에 따라 자동으로 수문 개도율이 자율 조절되도록 수문을 개폐한다. 그리고 수문 개도율을 측정하는 센서 없이 수문의 개도율을 파악하여 수문이 수위 변화에 따라 적절하게 개폐되도록 제어하는 수문 개폐장치에 관하여 출원된 내용을 담고 있다.

Table 2-1 List of related patents owned by researchers

등록번호	특허명	등록일
10-2184531	수위 변화에 따라 수문 개도율을 자율 조절하는 수문개폐장치	2020.11.24
10-2128708	지능형 원격단말장치를 이용한 사물인터넷 기반의 하천 재해 감시 및 시설물 자율 점검 시스템	2020.06.25
10-2128707	지능형 원격단말장치를 이용한 사물인터넷 기반의 수리 시설물 자율 점검 및 고장 알림 시스템	2020.06.25
10-1938300	멀티미디어 정보와 CPS 기술을 활용한 임베디드 방식의 펌프장 자율운영시스템	2019.01.08
10-1864183	상시 점검과 동작 점검이 가능한 IoT 기반 지능형 단말장치	2018.05.29
10-1859657	자가 점검 기능을 탑재한 물관리 자동화시스템	2018.05.14
10-1835522	현장 데이터 보상 기능을 포함한 수리시설 원격제어장치	2018.02.28
10-1308076	센서기반 오감 정보를 이용한 수리시설물의 지능형 물관리 자동화시스템	2013.09.06

특히 10-2128708 지능형 원격단말장치를 이용한 사물인터넷 기반의 하천 재해 감시 및 시설물 자율 점검 시스템 (2020.06.25.)<sup>[11]</sup>이다. 본 발명은 지능형 원격단말장치를 이용한 사물인터넷 기반의 하천 재해 감시 및 시설물 자율 점검 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 지능형 원격단말장치(자율운영 시스템)를 하천 재해관리 시설마다 설치하여, 수위 조절에 관한 자율 조치

를 취하고, 하천 재해관리 시설에 설치되어 있는 점검 대상체들의 동작 상태를 자율 점검하고, 자율조치 이벤트 정보와 점검 대상체별 고장 정보를 생성하여 사물인터넷 통신망을 통해 중앙관리서버로 제공함으로써, 하천 관리에 필요한 이벤트 발생 시 선제적 초동 대응으로 효과적이고 효율적인 하천 관리가 이루어지도록 하는 지능형 원격단말장치를 이용한 사물인터넷 기반의 하천 재해 감시 및 시설물 자율 점검 시스템에 관한 것이다.

특허 10-2128707 지능형 원격단말장치를 이용한 사물인터넷 기반의 수리 시설물 자율 점검 및 고장 알림 시스템 (2020.06.25.)<sup>[12]</sup>은 지능형 원격단말장치를 이용한 사물인터넷 기반의 수리 시설물 자율 점검 및 고장 알림 시스템에 관한 것이다. 더욱 상세하게 살펴보면, 본 발명은 수리시설물에 설치된 점검대상 대상체들의 동작 상태와 지능형 원격단말장치 자체의 동작 상태를 자율 점검하고, 점검 결과에 따른 점검대상 대상체별 고장 정보와 자율운영 시스템 고장 정보를 생성하고, 생성된 고장 정보를 사물인터넷 통신망을 이용하여 중앙관리서버로 제공하는 지능형 원격단말장치(자율운영 시스템)와 지능형 원격단말장치(자율운영 시스템)가 제공하는 고장 정보를 저장 관리한다. 이와같은 고장 정보를 이용하여 고장 이벤트 처리를 수행하는 중앙관리서버를 포함하여 구성함으로써, 고장 발생 이전에 고장 유무를 실시간으로 파악하여 고장 발생시 고장 대상의 정보를 사전에 관리자에게 알려주어 사고를 미연에 방지한다.

특허 10-1938300 멀티미디어 정보와 CPS 기술을 활용한 임베디드 방식의 펌프장 자율운영시스템 (2019.01.08.)<sup>[13]</sup>은 멀티미디어 정보와 CPS 기술을 활용한 임베디드 방식의 펌프장 자율운영 시스템에 관한 것이다. 이 특허를 살펴보면, 수위 측정부로부터 제공된 수위 정보를 획득할 경우에, 카메라부에 프리셋 신호를 송출하여 획득한 촬영 영상 정보와 해당 수위 정보를 매칭시킨 제1자율 운영모드 이벤트 정보를 생성하여 관리사무소 서버로 송출하여 관리사무소에 상주하고 있는 관리자로 하여금 제진기에 대한 동작 원격 제어 신호를 획득하여 이에 따라 즉각적으로 제진기를 동작시키도록 하며, 카메라

부에 의해 획득한 촬영 영상 정보를 분석하여 산출된 부유물 높이가 포함된 높이 정보에서 상기 수위측정부로부터 제공된 수위 정보를 차감한 결과값을 부유물 높이 정보로 판단하고, 판단된 부유물 높이 정보가 설정된 부유물 높 이 조건에 위배되는 경우, 제진기에 동작 명령 신호를 송출하여 모터 과손 사고 방지를 위한 자율 조치를 수행하다. 또한, 상기 카메라부에 프리셋 신호를 송출하여 획득한 촬영 영상 정보와 해당 부유물 높이 정보와 자율 조치한 동작 정보를 매칭시킨 제2자율 운영모드 이벤트 정보를 생성하여 관리사무소 서버로 송출함으로써, 제진기의 고장을 미연에 방지하기 위한 멀티미디어 정보와 CPS 기술을 활용한 임베디드 방식의 펌프장 자율운영 시스템에 관한 것이다.

특허 10-1864183 상시 점검과 동작 점검이 가능한 IoT 기반 지능형 단말장치 (2018.05.29)<sup>[14]</sup>은 상시 점검과 동작 점검이 가능한 IoT기반 지능형 단말장치에 관한 것이다. 이 기술은 상시 점검 일시가 되면 계측기로부터 획득된 아날로그 계측 정보가 계측 주기에 따라 계측된 아날로그 계측 정보인지를 판단 하며, 판단 결과 아날로그 계측 정보가 존재하지 않거나, 아날로그 계측 정보가 계측 주기에 따라 계측된 아날로그 계측 정보가 아니거나, 시간적으로 인접한 아날로그 계측정보들이 서로 다른 값이어야 하는 제1 판단조건에 위배되는 경우에는 계측기의 고장으로 판단한다. 그리고 시간적으로 인접한 변환된 디지털 계측정보들이 서로 다른 값이어야 하는 제2 판단조건에 위배되는 경우에는 계측 정보 디지털 변환부의 고장으로 판단하는 상시 점검 기능 및 수리 시설물이 동작할 때마다 수리시설물에 대한 정상동작 값들이 해당 수리시설물의 제1 동작 값에 대해 허용오차 범위에 있는 동작 값인지를 판단하고, 판단 결과, 허용오차 범위를 벗어나는 값이면 해당 수리시설물에 동작 정지신호를 송출하여 동작 정지시킨다. 일정 시간 경과 후, 본 기술은 해당 수리시설물에 동작 신호를 송출하여 재동작시키고, 재동작 후 해당 수리시설물로부터 상기 제1 동작 값과 정상동작 값들을 재획득하고, 재획득한 해당 수리시설물에 대한 정상동작 값들이 해당 수리시설물의 제1 동작 값에 대해 허용오차 범위에

있으면 정상으로 판단하고, 허용오차 범위를 벗어나면 해당 수리시설물이 이상인 것으로 판단하는 동작 점검 기능을 수행한다.

특허 10-1859657 자가 점검 기능을 탑재한물관리 자동화시스템 (2018.05.14)<sup>[15]</sup>은 자가 점검 기능을 탑재한 물관리 자동화시스템에 관한 것으로서, 상세하게는 매일 설정된 시간에 접속 포인트에 접속된 센서들이 정상적으로 동작하는지를 자가 점검한다. 점검된 내용을 바탕으로 고장 발생 이전에 고장 유무와 점검 대상 유무를 실시간으로 파악하여 고장 발생시 혹은 점검 대상의 센서 정보를 사전에 관리자에게 알려주어 사고를 미연에 방지하고자 하는 자가 점검 기능을 탑재한 물관리 자동화시스템인 것이다. 본 발명에 의하면, 관리자는 장소에 관계없이 PC, 웹, 어플 등 어떠한 환경에서도 운영 및 모니터링이 가능하며, 고장 혹은 점검 대상의 센서만을 실시간으로 확인할 수 있게 되어 이에 따른 문제 발생 원인을 쉽게 파악하고, 이에 따른 대책을 강구할 수 있는 효과를 발휘할 수 있게 된다.

특허 10-1835522 현장 데이터 보상 기능을 포함한 수리시설 원격제어장치 (2018.02.28)<sup>[16]</sup>는 현장 데이터 보상기능을 포함한 수리시설 원격제어장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 수리시설물의 제어를 설정된 시나리오로 자동으로 수행하여 정상적인 동작 결과 정보를 현장 통신 상태 감시장치에 저장하면서 주기적으로 원격지의 중앙서버로 전송하며, 통신 두절 시, 지속적으로 수리시설물의 제어를 설정된 시나리오로 자동으로 수행하여 동작 결과 정보를 현장 통신 상태 감시장치에서 자체적으로 저장하고 있다가 통신 재개시, 현장 통신 상태 감시장치에 저장된 통신 두절 시점부터의 동작 결과 정보를 중앙서버로 제공한다. 이를 통해 관리자는 수리시설물들의 통신 두절시의 동작 결과 정보도 확인할 수 있게 되어 현장과의 통신 상태와는 상관없이 자동운전 이력 정보의 손실없이 확인할 수 있다.

특허 10-1308076 센서기반 오감 정보를 이용한 수리시설물의 지능형 물관리 자동화시스템 (2013.09.06.)<sup>[17]</sup>은 센서기반 오감 정보를 이용한 수리시설물의 지능형 물관리 자동화시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 동영상으로 현

장을 보고, 기계동작 소리를 들으며, 기계 동작시 진동 상태를 확인하며, 현장 상황을 중앙 감시 제어수단에서 파악할 수 있도록 하고, 부수적으로 안내방송을 수행할 수 있으며, 계측 및 제어를 가능하게 하며, 시스템 스스로 기상청, 홍수통제소, 수자원공사, 환경부 등의 홈페이지에 접속하여 각종 기상 관련 정보를 수집하며, 현장 여건에 맞는 홍수 예측 데이터를 생성하고 관리자에게 알려서 관리자로 하여금 해당 지역의 수리시설물을 선정하여 작동시키도록 함으로써, 사후 대응이 아닌 사전에 현장에서 발생하는 모든 안전사고를 예방할 수 있도록 하여 소중한 인명과 재산을 보호하고 효율적인 물관리가 가능하도록 하기 위한 센서기반 오감 정보를 이용한 수리시설물의 지능형 물관리 자동화 시스템에 관한 것으로 사후 대응이 아닌 사전에 현장에서 발생하는 모든 안전사고를 예방할 수 있도록 하여 소중한 인명과 재산을 보호하고 과학적이고 체계적인 용수 공급을 수행할 수 있는 효과를 제공하게 된다.



## 제 2 절 자율운영 시스템 구성

### 1. 사물인터넷(IoT) 통신모듈 탑재

IoT(Internet of Things, 사물인터넷) 기술을 적용하여 제어시스템이 센서로부터 입력되는 신호를 스스로 분석, 판단하여 제어신호를 액추에이터(Actuator)로 보내 시설물을 자율 제어하고 결과를 사물인터넷(IoT) 통신을 이용하여 데이터베이스 서버로 전송하는 자율운영 시스템을 구현한다.

### 2. 자율 운영 및 관리시스템

기존에는 운영 시스템의 관리자가 배수시설물의 상태 및 계측값을 보고 경험으로 판단하여 제어하였다. 하지만 관리자가 부재중이거나 미처 파악하지 못하는 상황에서 발생하는 국지성 집중호우에 대비하여 자율운영 시스템이 자율적인 운영 및 관리를 통해 배수시설물을 제어하는 시스템을 구현한다.

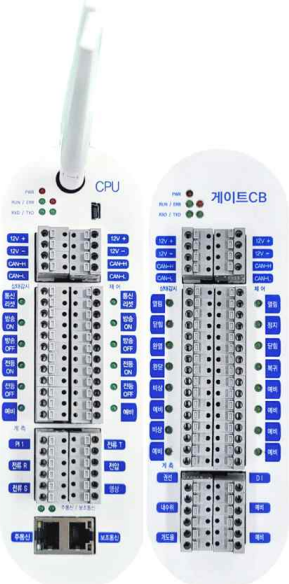
### 3. 자율 운영 및 관리 기능

운영 시스템은 기본적으로 관리자에 의해 설정된 수위값에 따른 자동운전을 수행하며, 동작시 진단 및 자율 대응을 한다. 기계 동작 시 진동, 소음, 전류값을 센싱하여 과부하감지 시 자율 대응을 하게 된다. 통신두절 시 데이터 자동저장 및 통신 재개 시 자동 전송 및 복구하게 되며, 통신 두절 시 데이터 자동저장 및 통신 재개 시 자동 전송 및 데이터베이스 복구한다.

#### 4. 자율운영 시스템 사진 및 사양

Fig. 2-1은 자율운영 시스템에 대한 이미지를 나타낸다. Table 2-2는 자율 운영 시스템의 사양을 나타낸다.

Table 2-2 System photos and specifications

SYSTEM 외관	SYSTEM 사양
 <p>Fig. 2-4 SYSTEM photo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ CPU : 32Bit</li> <li>■ RAM : 128MB</li> <li>■ ROM : 1MB(프로그램 저장용)</li> <li>■ Flash Memory : 기본 1GB(데이터 저장용), SD 카드 삽입시 용량 확장</li> <li>■ 외부 통신 : LTE-M, Ethernet               <ul style="list-style-type: none"> <li>- LTE-M급 무선모듈 탑재</li> </ul> </li> <li>■ 내부 통신 : CAN(Controller Area Network)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 확장시 CPU 모듈과 확장형 입출력 모듈간 통신</li> </ul> </li> <li>■ CPU 모듈의 입출력 포인트 수               <ul style="list-style-type: none"> <li>- DI 6CH, DO 6CH, AI 5CH, PI 1CH</li> </ul> </li> <li>■ 수문, 펌프 대수에 따른 확장형 입출력(IO) 모듈의 입출력 포인트 수 - DI 8CH, DO 8CH, AI 4CH, PI 1CH</li> <li>■ 디지털 입력(DI) : AC 220V 직접입력</li> <li>■ 디지털 출력(DO) : DRY CONTACT               <ul style="list-style-type: none"> <li>- NO/NC 선택가능, 정격 : AC250V 3A</li> </ul> </li> <li>■ 아날로그 입력(AI) : 4~20mA or 1~5V, 분해능 12Bit</li> <li>■ 동작전원 : DC12V</li> <li>■ 크기 : 68mm(W)×245mm(H)×140mm(D)</li> <li>■ 규격화된 입출력 포트               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 입출력 포트가 지정되어 시공, 유지관리 용이</li> </ul> </li> <li>■ LED를 통한 내부동작상태 확인</li> </ul>

#### 5. 자율운영 시스템 운영흐름

현장 시설물에서 발생하는 데이터는 Fig. 2-4와 같이 전기신호로 변환하여 취합되고, 이 데이터는 서버의 수집기로 전송하여 데이터베이스에 저장된다. 사용자의 PC의 운영 프로그램이 실행되면 데이터 수집기를 통해 수집된 실시

간 데이터와 서버에 누적된 데이터베이스를 통해 시설물 운영관리를 수행한다.

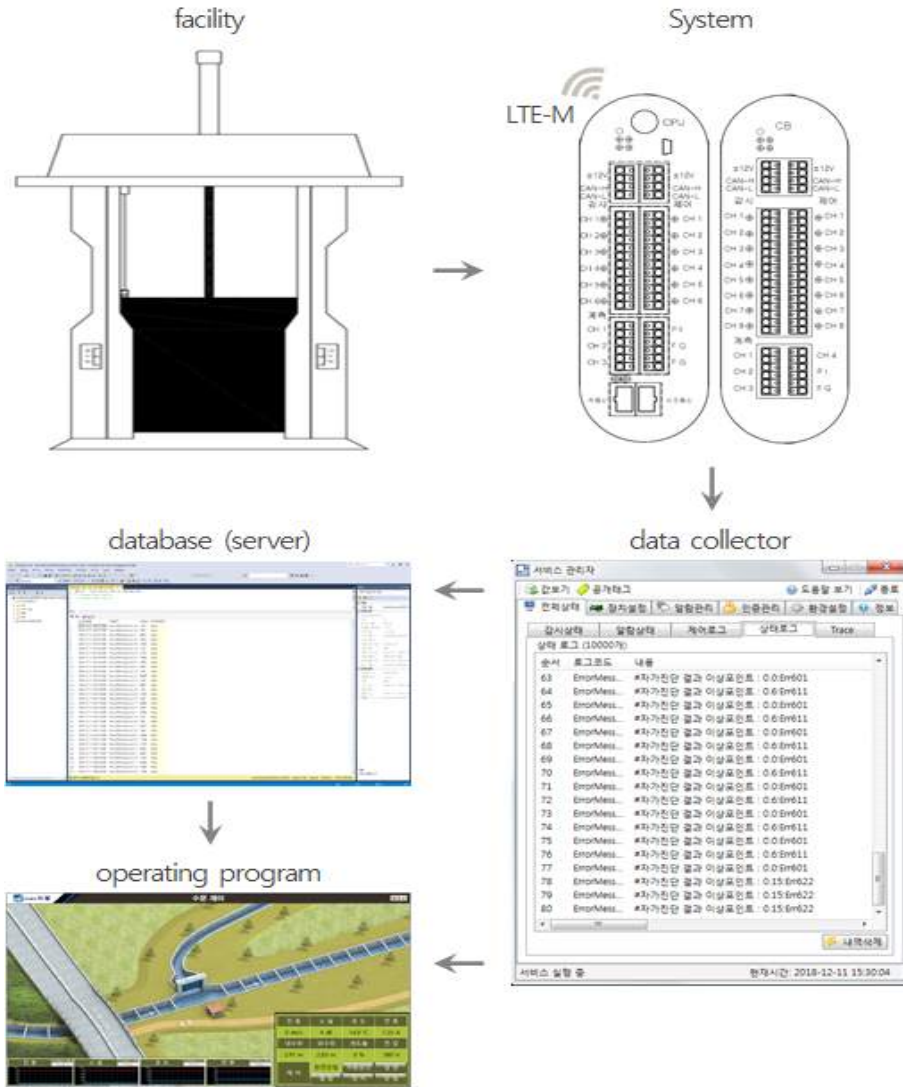


Fig. 2-5 SYSTEM operation flow chart

## 6. 자율운영 시스템 하드웨어 구성

Fig. 2-5와 같이 자율운영 시스템의 하드웨어는 CPU, 전원부, 메모리부, 입출

력(I/O)부, 통신부로 구성이다.

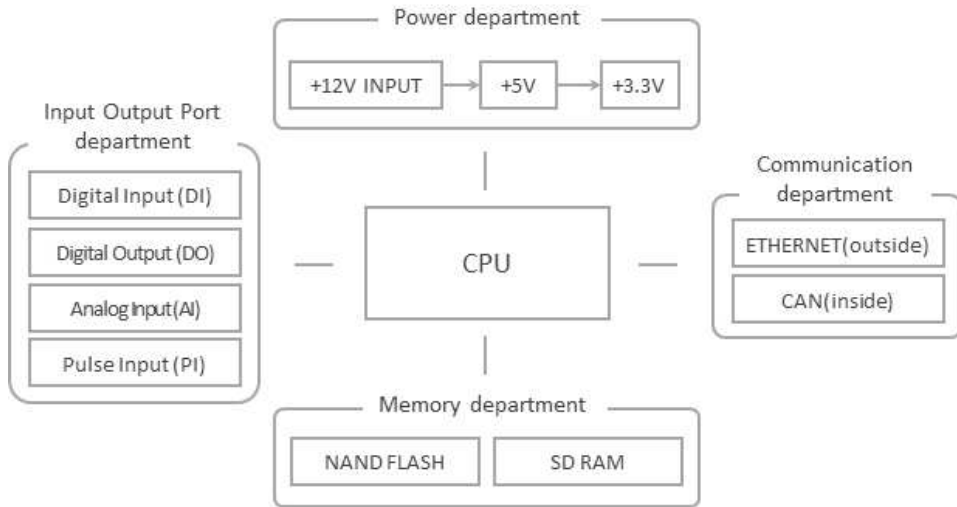


Fig. 2-6 SYSTEM hardware block diagram

Fig. 2-5은 시스템의 운영흐름을, Fig. 2-6은 자율운영 시스템의 블록다이어그램으로 사물인터넷(IoT) 통신부, 전원부, 신호변환부, 계측부, 감시부, 제어부로 구분된다. Fig. 2-7은 전원부, 감시부, 계측부의 아트웍을 나타낸다. 2-8은 사물인터넷 통신부, 제어부, 신호변환부 아트웍 도면을 나타낸다. Fig. 2-9는 전원부, 감시부, 계측부 모듈의 앞면이고, Fig. 2-10은 전원부, 감시부, 계측부 모듈의 뒷면이다. Fig. 2-11은 사물인터넷 통신부, 제어부, 신호변환부 모듈의 앞면이고. Fig. 2-12는 사물인터넷 통신부, 제어부, 신호변환부 모듈의 뒷면이다.

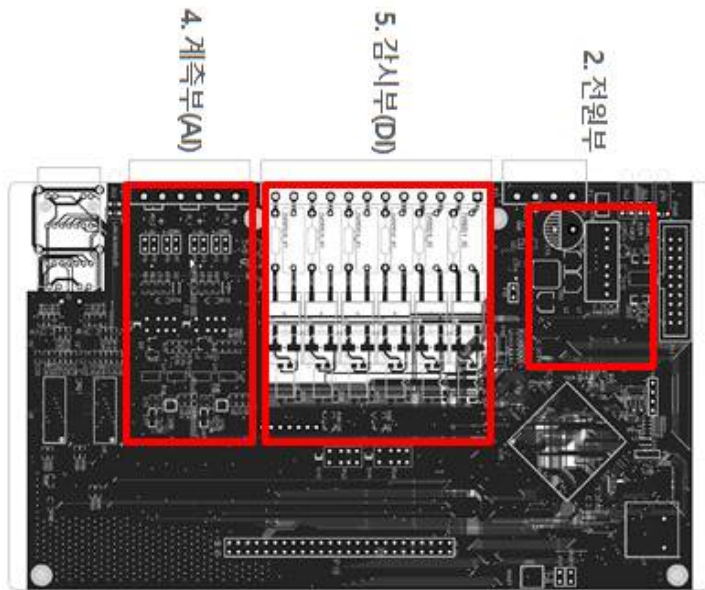


Fig. 2-7 Artwork composition on the left side of the PCB

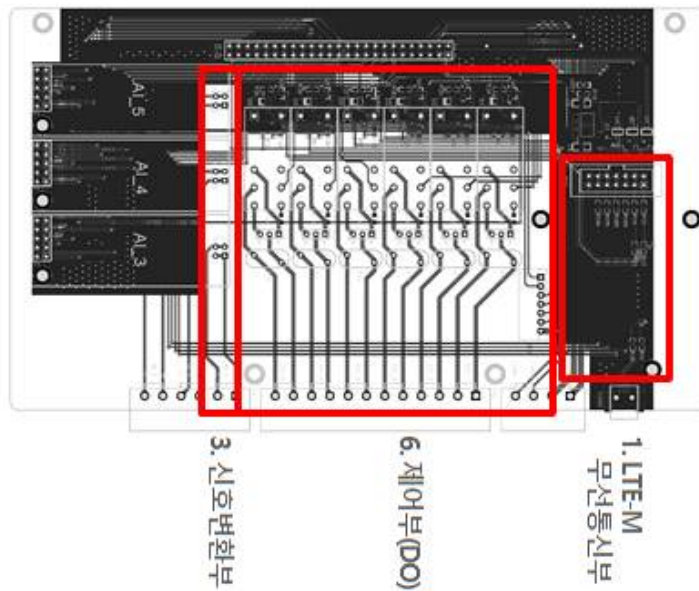


Fig. 2-8 Artwork composition on the right side of the PCB

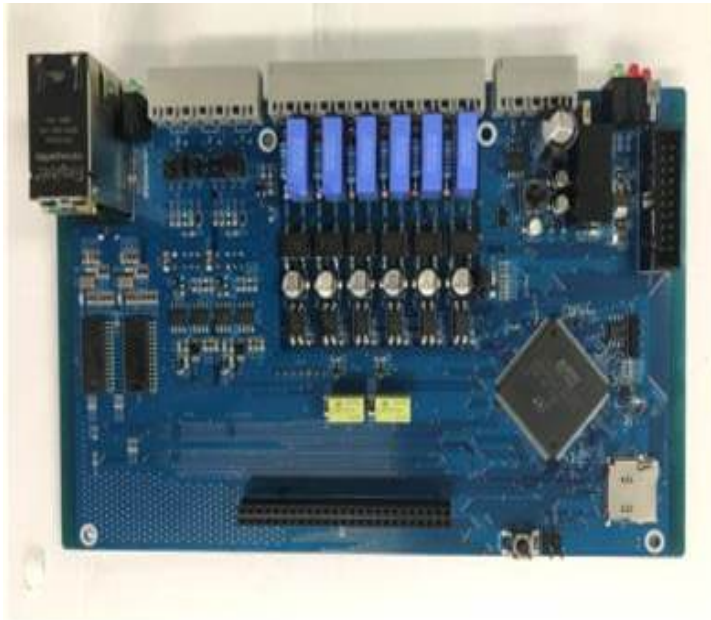


Fig. 2-9 PCB photo on the left side of the SYSTEM(a)

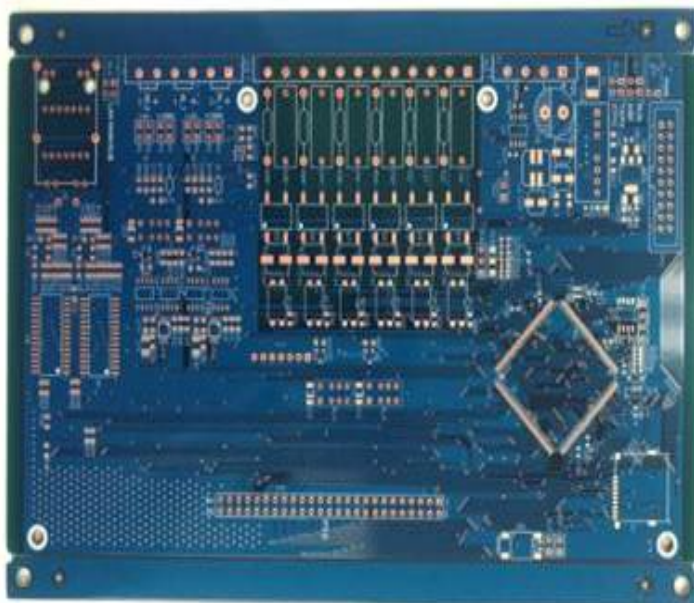


Fig. 2-10 PCB photo on the left side of the SYSTEM(b)



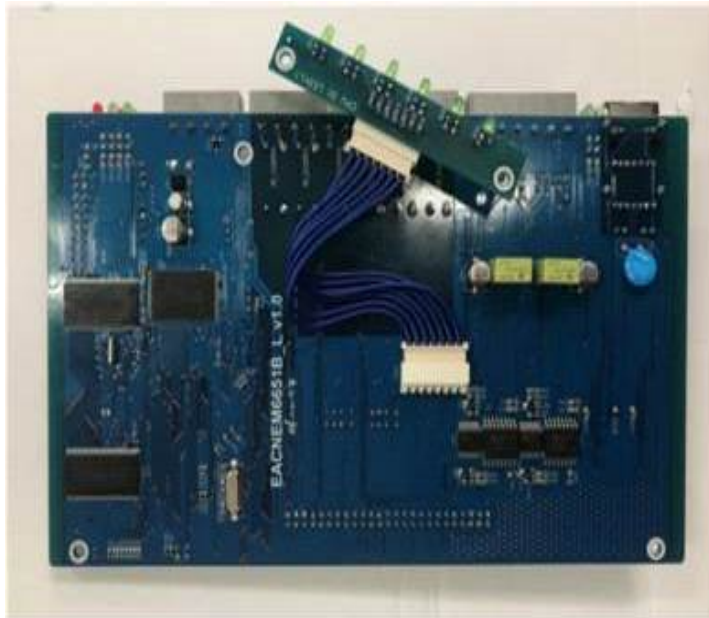


Fig. 2-11 PCB photo on the right side of the SYSTEM(a)

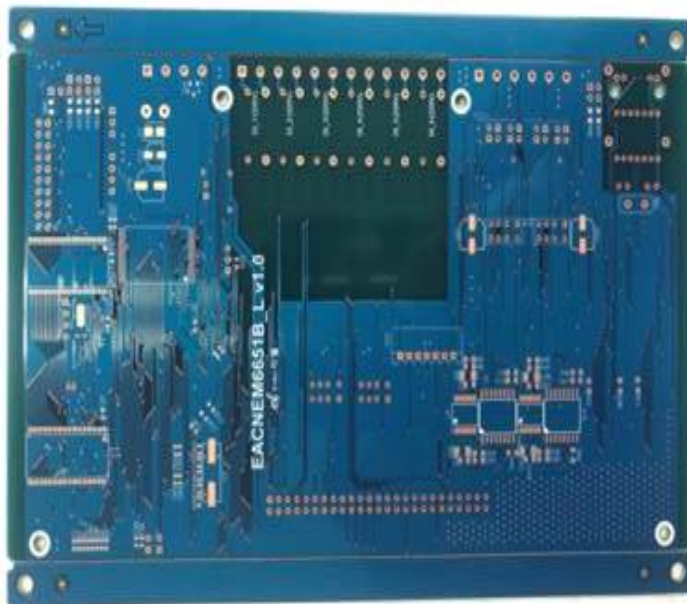


Fig. 2-12 PCB photo on the right side of the SYSTEM(b)

## 7. 자율운영 시스템 하드웨어 도면

Fig. 2-13과 2-14는 자율운영 시스템 하드웨어 제품 케이스 도면이다.

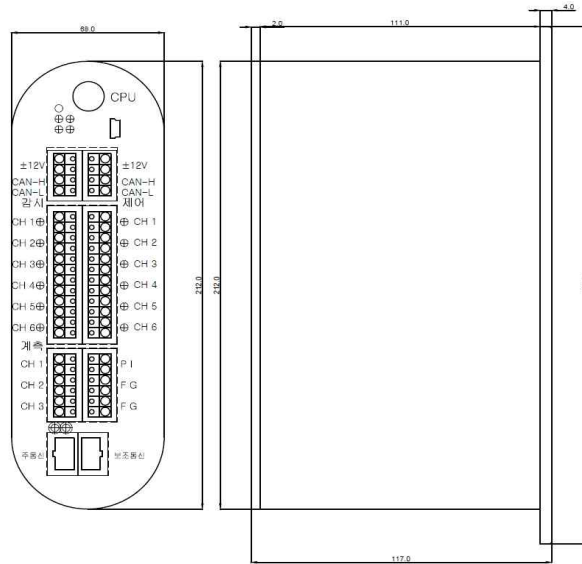


Fig. 2-13 SYSTEM hardware drawing (CPU module)

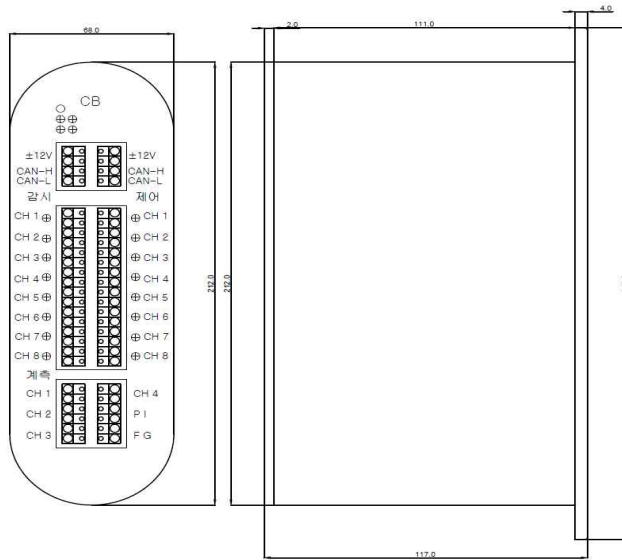


Fig. 2-14 SYSTEM hardware drawing (extended I/O module)



## 8. 자율운영 시스템 제작 방법

### 1) 자율운영 시스템 하드웨어

Table 2-3은 자율운영 시스템을 제작하는 프로세스를 정립한 내용이다.

Table 2-3 Step-by-step hardware research method

<b>1단계</b>	<b>회로설계 및 아트웍</b>	<b>2단계</b>	<b>PCB 제작 및 부품구입과 검사</b>	<b>3단계</b>	<b>부품 실장 및 검사</b>
 <p>회로도를 제작하고 이를 기반으로 아트웍 작업을 통해 거버파일과 부품 리스트를 작성한다.</p>		 <p>PCB 기판을 제작하고, 부품을 구입하여 육안검사 및 부품의 불량을 체크한다.</p>		 <p>기판에 부품을 실장한 후 기판을 나열한 후 기판을 검사한다. 검사항목은 기판의 제작상태, 실장상태, 부품의 냉납 및 오삽을 확인한다.</p>	
<b>4단계</b>	<b>자율운영 시스템 조립</b>	<b>5단계</b>	<b>케이스 제작</b>	<b>6단계</b>	<b>자율운영 시스템 제작 완료</b>
 <p>사물인터넷 통신모듈과 메인보드 및 제어보드, 입출력보드를 조립한다.</p>		 <p>제품의 보호를 위한 케이스를 디자인하고, 목업을 제작한 후 케이스 금형을 제작한다.</p>		 <p>케이스를 조립하여 결합도를 검사하고, 이상이 없을 시 SYSTEM 제작을 완료한다.</p>	

## 2) 펌웨어

Table 2-4는 하드웨어에 탑재되는 프로그램을 제작하는 프로세스이다.

Table 2-4 Step-by-step firmware research method



## 3) 운영 프로그램



Fig. 2-15 Operating program full screen configuration A

운영 프로그램은 다양한 정보를 포함하고 있다. Fig. 2-13와 같이 제목

(Title) 영역에는 사용자 로고와, 프로그램 제목이 나타나며 화면 우측 상단의 종료 버튼을 클릭시 프로그램 종료된다. 뷰(View) 영역은 현장 지형과 시설물을 3D로 확인하고, 시설물의 현재 상태를 계측/감시하며, 각각의 장치들을 자동 및 수동제어 정보를 표출한다. 상태(Status) 영역은 접속된 아이디, 접속된 사용자의 현재 등급, 조작로그, 현재시간 등의 정보를 화면 하단에 표출된다. 계측/감시/제어 영역은 Fig. 2-14와 같이 진동, 소음, 온도, 전류, 전압, 수위, 개도율, 수문상태를 실시간으로 감시하고, 자동/수동 운전을 통해 수문 제어하게 되며, 제어 시 버튼의 색이 바뀌 운영자로 하여금 식별이 가능하도록 한다.

진 동	소 음	온 도	전 류
0 mm/s	4 dB	14.9 °C	1.35 A
내수위	외수위	개도율	전 압
2.91 m	2.83 m	0 %	380 V
제 어	완전닫힘	자동운전	설 정
	열 림	정 지	닫 힘

Fig. 2-16 Operating program full screen configuration B

Fig. 2-15와 같이 그래프(graph) 영역에는 그래프를 통하여 진동, 소음, 온도, 전류값의 추이를 실시간 확인할 수 있도록 정보를 표출한다.

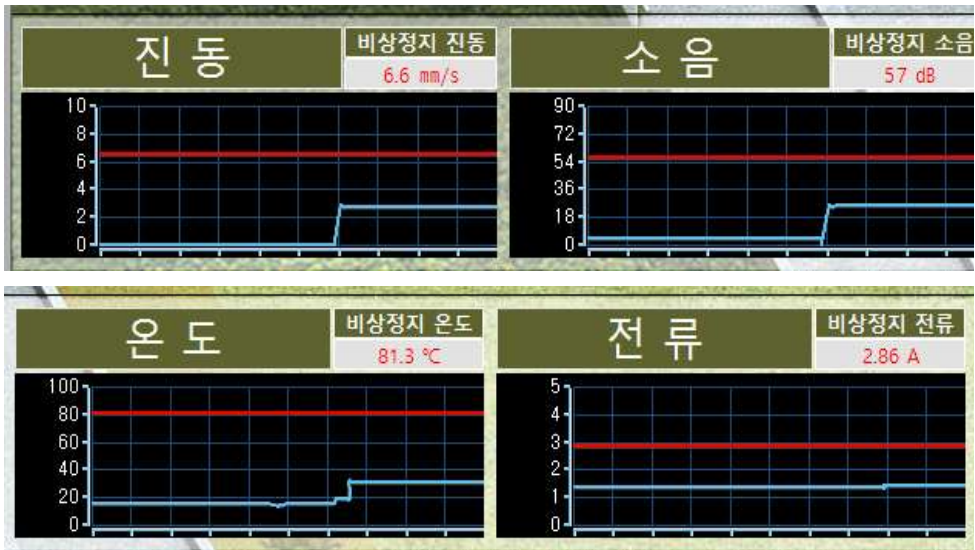


Fig. 2-17 Operating program full screen configuration C

## 9. 자율운영 시스템 시험구성

자율운영 시스템 동작 시험을 위한 시험 구성은 Fig. 2-16와 같다.

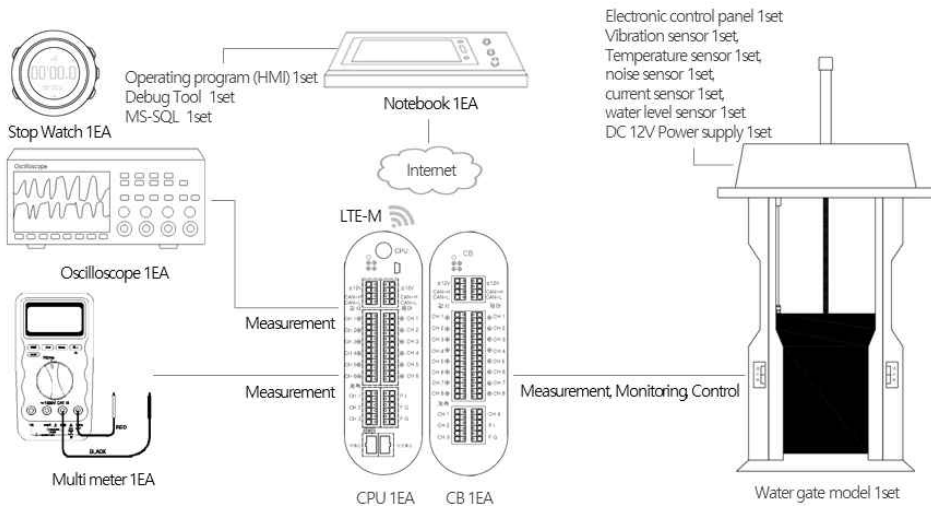


Fig. 2-18 SYSTEM test configuration diagram

## 10. 자율운영 시스템 시험목표 및 지표

자율운영 시스템 동작 시험을 위한 각 파트별 시험 목표와 지표는 Table 2-5와 같다.

Table 2-5 SYSTEM test goals and indicators

항목	사양
LTE-M급 무선통신부	5초 이내 (전송된 현장 데이터 표출시간)
전원부	DC 12V(저전력)
신호변환부	4~20mA(전류변환)
	1~5V(전압변환)
계측부	5초 이내(반응시간)
감시부	5초 이내(반응시간)
제어부	5초 이내(반응시간)
동작시 진단 및 자율 대응부 (진동, 소음, 온도, 전류)	100%(동작시 진단 및 자율대응여부 정확도)
통신두절시 데이터저장	100%(통신두절시 데이터 저장 여부 정확도)
통신재개시 데이터전송	100%(통신재개시 데이터 전송에 대한 정확도)
통신재개시 데이터 자동복구	최대 60초 이내(데이터 누락 허용 주기)
동작온도	100%(통신재개시 데이터 전송에 대한 정확도)
동작습도	최대 60초 이내(데이터 누락 허용 주기)

## 제 3 장 자율운영 시스템 구성 및 실험

### 제 1 절 지능정보기술 시스템 구성

자율운영 시스템 구성은 각 파트별 회로도를 기반으로 아트웍을 진행한다. 아트웍 완료 후 자율운영 시스템을 제작한다. 파트별 정상 동작여부를 테스트 한다. 각 파트는 사물인터넷부, 전원부, 신호변환부, 계측부, 감시부, 제어부이다. 각 파트를 제작하기 위한 과정은 각각의 회로를 기반으로 다음의 과정을 반복한다. 먼저 회로도를 기반으로 아트웍 프로그램을 사용하여 기판 도면을 제작한다. 제작된 도면을 거버파일과 부품 리스트로 제작한다. 그후, PCB 기판을 제작하고, 육안 검사와 전압 검사를 통해 불량을 체크한다. 구입한 부품을 PCB 기판에 실장하며, 형태에 맞게 수삽과 자삽으로 진행한다. 수삽은 인력이 직접 부품 하나씩 납땀하는 방식이다. 자삽은 장비를 통해 자동으로 납땀하는 방식이다. PCB 기판에 부품을 실장한 후에는 육안 검사와 전압 검사를 통해 냉납과 오납을 체크한다. 냉납은 납을 녹이는 온도가 적절하지 못해 기판과 부품을 연결시키지 못하는 오류이다. 그리고 오납은 부품의 방향을 잘못 맞춰 오동작을 유발시킨다.

#### 1. 사물인터넷부

사물인터넷(Internet of Things, IoT) 기술을 적용하면 제어시스템이 센서로부터 입력되는 신호를 스스로 분석, 판단하여 제어신호를 액추에이터로 보내 시설물을 자율 제어하고 결과를 사물인터넷(IoT) 통신을 이용하여 데이터베이스 서버로 전송하는 자율운영 시스템을 설계한다. 사물인터넷(IoT) 통신모듈과 주변회로를 구성하여 CPU와 통신하도록 자율운영 시스템을 제작한다.



Fig. 3-1은 자율운영관리를 위한 자율운영 시스템의 사물인터넷 통신 회로이다.

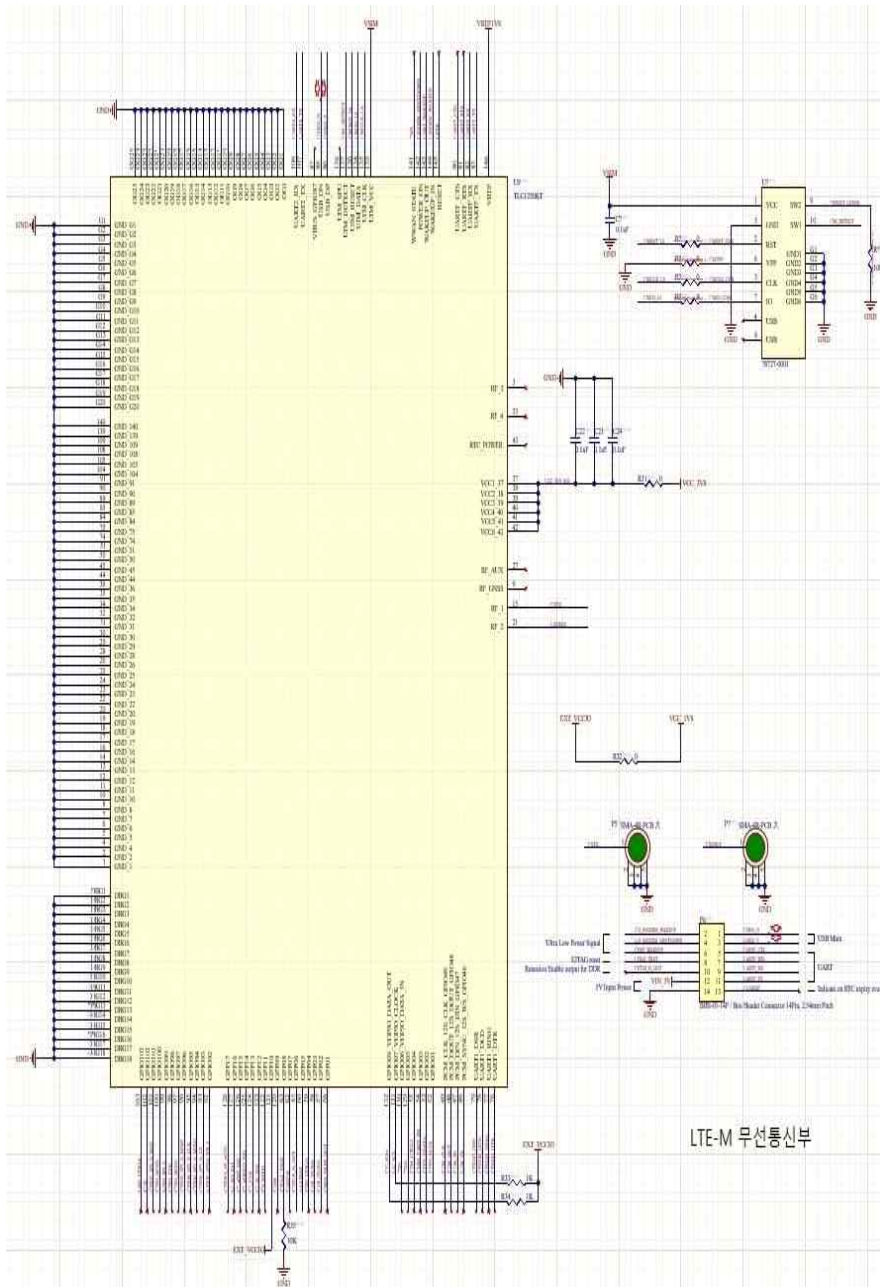


Fig. 3-1 Internet of Things(IoT) communication unit circuit diagram

Fig. 3-2는 사물인터넷 통신 모듈의 PCB를 디자인한 도안이다.

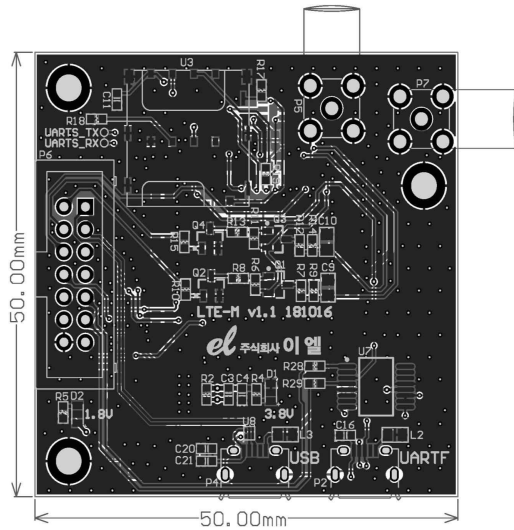


Fig. 3-2 Internet of Things(IoT) Communication department PCB Artwork

Fig. 3-2는 부품을 실장하기 전 PCB이며, Fig. 3-3는 실장 후 PCB 이고, Fig. 3-4는 부품을 실장한 제품의 이미지이다.



Fig. 3-3 PCB picture

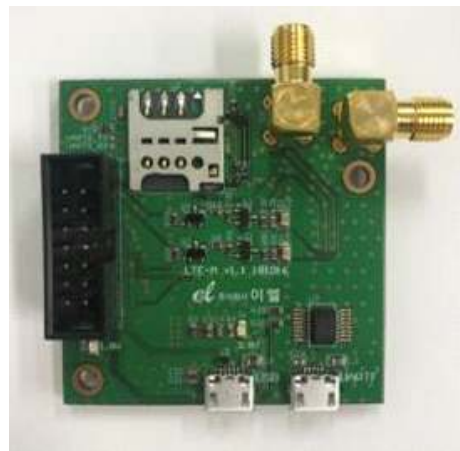


Fig. 3-4 Photo of parts mounted on PCB

시험내용은 테스트 장비에서 제어프로그램까지 5초 이내 데이터 전송이 이뤄지고, 표출되는지를 시험한다. 이 시험을 통해 검사자는 프로그램 화면에서



열림 버튼을 클릭하고, 5초 이내에 현장 수문이 열리는지 확인한다. 수문이 열리면 신호가 발생되어 자율운영 시스템의 열림 디지털 입력 단자에 인가되고 프로그램 화면에서 5초 이내에 녹색 버튼이 적색으로 변경되어야 한다. 시험구성은 Fig. 3-5와 같다. 프로그램에서 수문 개방을 작동시키 전에 프로그램 화면을 캡처한다. 수문이 열리기 시작할 때 오실로스코프로 자율운영 시스템의 열림 디지털 입력 단자의 파형을 측정한다. 프로그램 화면에 열림 버튼 색이 변경된 시간을 기록한다. 열림 버튼 색이 변경되었을 때 프로그램 화면을 캡처한다.

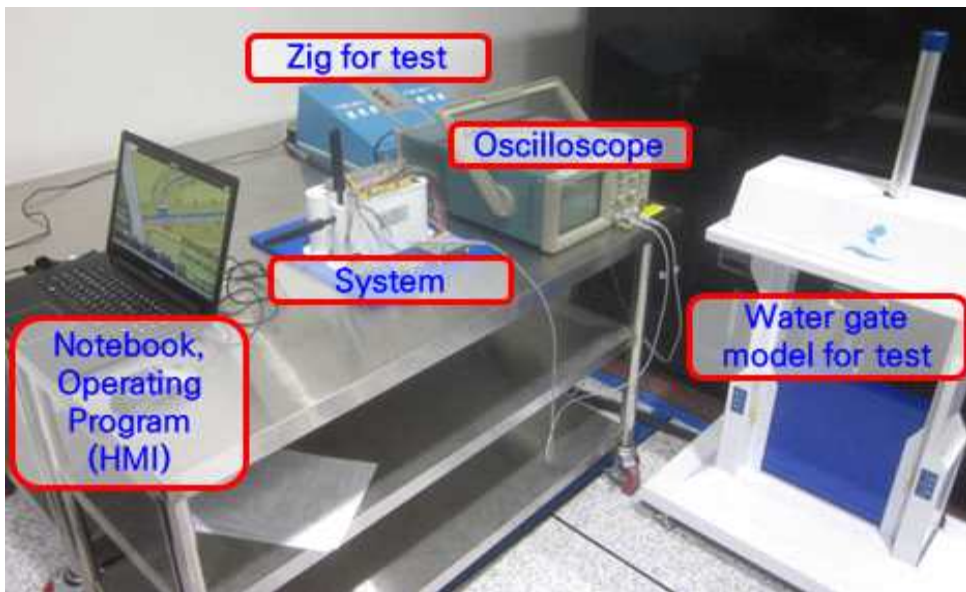


Fig. 3-5 Prototype operation, function, performance test photos

시험 결과는 다음과 같다.



Fig. 3-6 Program screen before click

Fig. 3-6은 수문 열림을 하기 전 프로그램 화면이다.

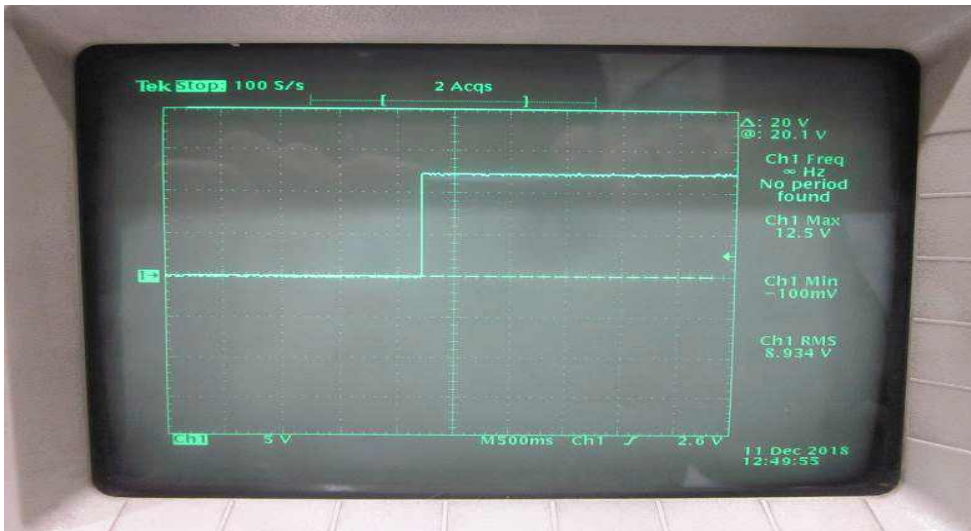


Fig. 3-7 Water gate open DI terminal waveform

Fig. 3-7은 수문 열림을 하였을 때 디지털 입력 단자를 통해 전압이 변화하였음을 나타낸다.



Fig. 3-8 Water gate open button color change time (3 seconds 29)

Fig. 3-8은 디지털 입력 단자를 통해 작동 여부를 확인 후 3초 내에 프로그램 상에 표시될 때까지의 시간을 측정한 결과를 나타낸다.



Fig. 3-9 Water gate open program screen

Fig. 3-9는 디지털 입력 단자를 통해 작동 여부를 확인 후 3초 이내에 프로

그림 상에 표시된 결과를 나타낸다.

## 2. 전원부

전원부에서는 DC 12V 저전력으로 동작하는 전원부를 설계하며, 그에 대한 회로도도 Fig. 3-10과 같다. DC 12V를 입력전원으로 하며, 회로도의 내부에서는 DC 5V, DC 3.3V의 출력으로 동작하며, 입출력 단자는 모두 절연 기능을 적용한다.

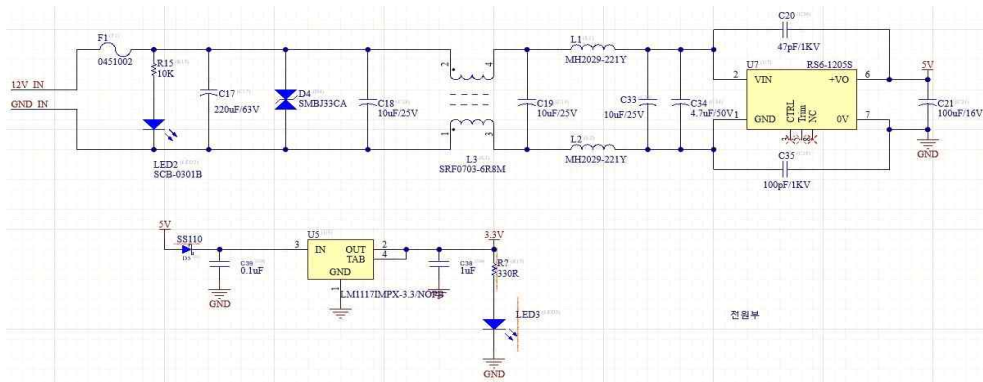


Fig. 3-10 Power supply circuit diagram

Fig. 3-11과 같이 전원부의 시험 내용은 자율운영 시스템에 DC 12V를 인가하였을 때 PCB 기판 전원부에 전원이 정상적으로 인가되는지를 시험하는 것이다. 자율운영 시스템에 전원이 인가되는 것을 확인할 수 있는 프로그램이 설치된 노트북과 전원 공급되어 동작할 자율운영 시스템과 전압변화를 확인하기 위한 테스터기로 구성한다.



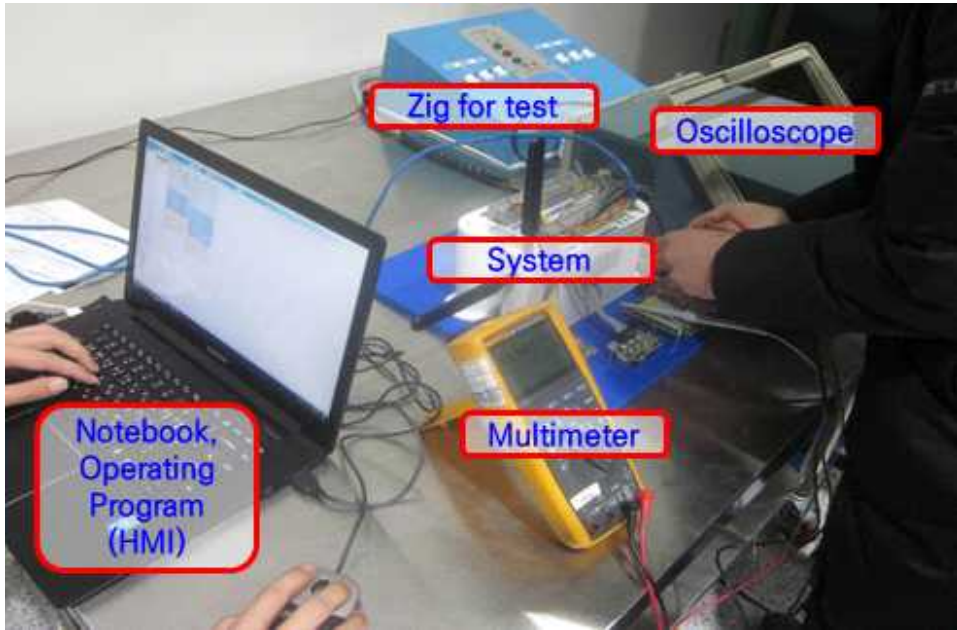


Fig. 3-11 Power on the prototype and measurement of the multimeter

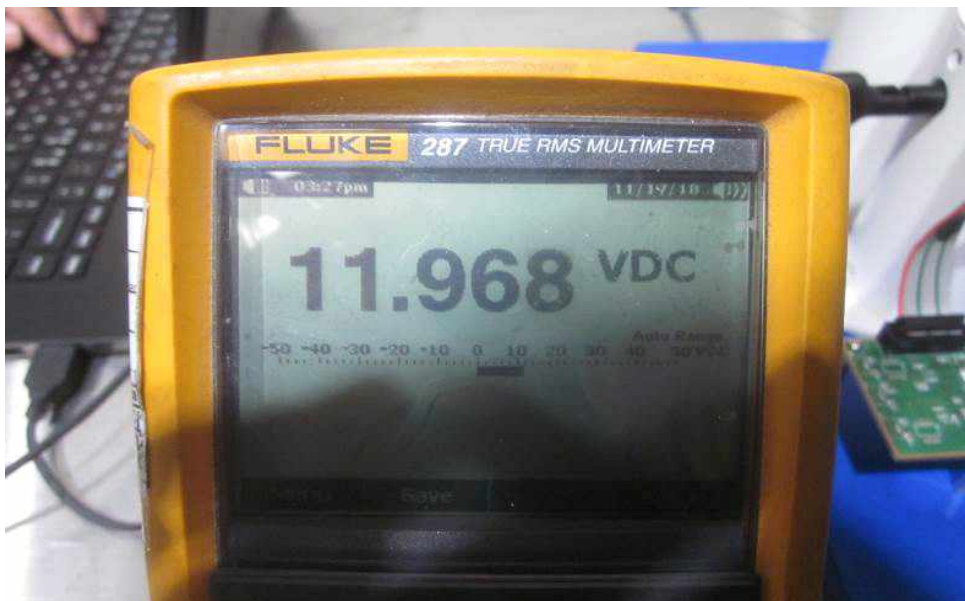


Fig. 3-12 Multimeter DC 12V readings

시험결과는 DC 12V를 인가하였을 때 프로그램을 통해 정상 동작하는 것을 확인할 수 있었고, 이때 Fig. 3-12와 같이 DC 12V가 인가되는 것을 확인할 수 있었다.

### 3. 신호변환부

신호 변환부는 다양한 아날로그 값을 디지털 값으로 변환하는 회로로써 시스템의 기초적인 요소이다. 4~20mA(전류변환) 입력을 받았을 때 입력 전류에 맞게 디지털 값으로 변환되어야 하며, DC 1~5V(전압변환) 입력을 받았을 때 입력 전압에 맞게 디지털 값으로 변환되어야 한다. 회로도는 Fig. 3-13과 같다.

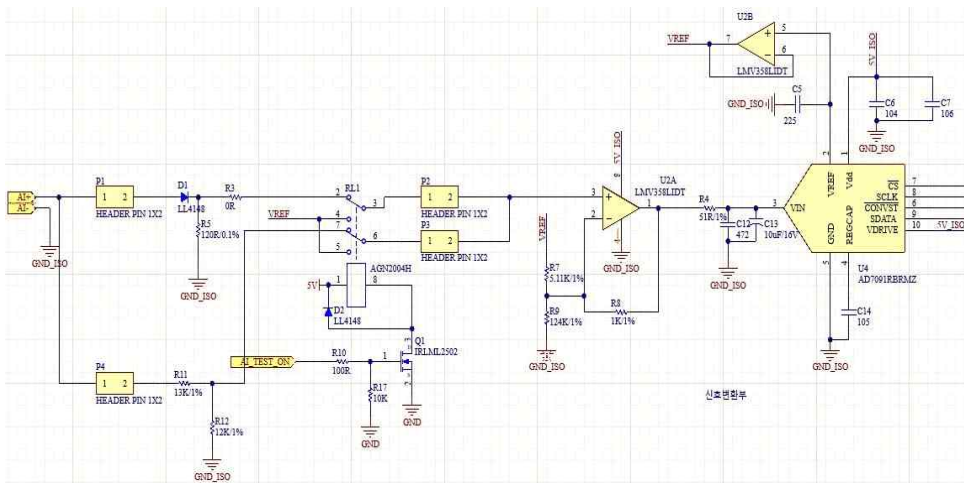



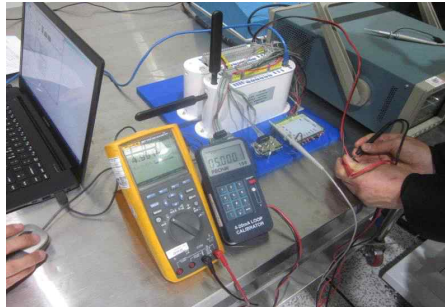
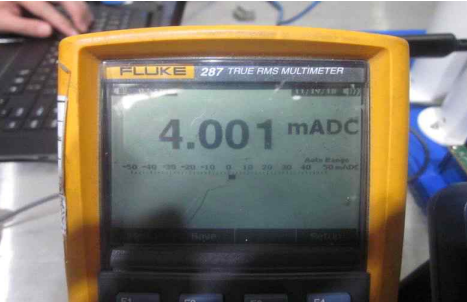
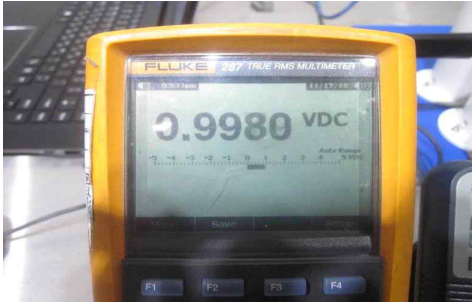
Fig. 3-13 Signal converter circuit diagram

신호변환부에 대한 시험내용은 자율운영 시스템의 아날로그 입력 단자에 외부에서 4~20mA의 아날로그 전류값과 1~5V 전압값을 인가하였을 때 디지털 값으로 변환되는지를 확인하는 것이다. 시험절차는 Table 3-1과 같다.

Table 3-1 Signal conversion test procedure(current, voltage)

전류변환(4~20mA)	전압변환(1~5V)
자율운영 시스템의 AI 단자에 4~20mA 범위의 전류를 인가한다.이 때, 멀티미터로 인가된 전류를 측정한다. Admin Tool 화면에서 디지털 값으로 변화되는 화면을 캡처한다.	자율운영 시스템의 AI 단자에 1~5V 범위의 전압을 인가한다.이 때, 멀티미터로 인가된 전압을 측정한다.Admin Tool 화면에서 디지털 값으로 변화되는 화면을 캡처한다.

시험 결과는 Fig. 3-14부터 Fig. 3-23과 같으며, Fig. 3-14와 Fig. 3-15는 시험 구성에 대한 내용이다. Fig. 3-16은 4mA를 인가하였으며, Fig. 3-17은 0.9V를 인가한 내용으로 결과는 Fig. 3-18, Fig. 3-19에 디지털 값으로 표출되는 되는 것으로 확인하였다. Fig. 3-20은 19.9mA를 인가하였고, Fig. 3-21은 4.9V를 인가하였으며, 결과는 Fig. 3-22, Fig. 3-23에 디지털 값으로 표출되는 것으로 확인된다.

전류변환(4~20mA)	전압변환(1~5V)
 <p>Fig. 3-14 Current applied photo</p>	 <p>Fig. 3-15 Voltage applied photo</p>
 <p>Fig. 3-16 Multimeter 4mA reading</p>	 <p>Fig. 3-17 Multimeter 1V reading</p>

### 전류변환(4~20mA)

AdminTool Server

서버: 8086 | 상태: Binded | URL: 192.168.0.39 | 포트: 23100 | Disconnect

ID List	실시간 데이터	스크립트	태그 설정	설정			
LteTest01							
Module List							
No	ID	Ver	주소	ID	값	옵션	이름
0	CPU	1.1.1E	0.0	0	0		열림_DI
1			0.1	0	0		닫힘_DI
2	CB	1.00	0.2	0	0		완전열림_DI
			0.3	0	1		완전닫힘_DI
			0.4	0	0		
			0.5	0	0		
			0.6	00	0	0	열림_DO
			0.7	00	0	0	정지_DO
			0.8	00	0	0	닫힘_DO
			0.9	00	0	0	자동종전_DO
			0.10	00	0	0	전동경고_DO
			0.11	00	0	0	전동비상_DO
			0.12	0	192C	0	전류_시
			0.13	0	2254	0	소음_시
			0.14	0	254E	0	온도_시
			0.15	0	1941	0	내수위_시
			0.16	0	1885	0	외수위_시
			0.17	0	24	0	
			2.0	0	0	0	

Fig. 3-18 4mA current application admin tool program screen

### 전압변환(1~5V)

AdminTool Server

서버: 8086 | 상태: Binded | URL: 192.168.0.39 | 포트: 23100 | Disconnect

ID List	실시간 데이터	스크립트	태그 설정	설정			
LteTest01							
Module List							
No	ID	Ver	주소	ID	값	옵션	이름
0	CPU	1.1.1E	0.0	0	0		열림_DI
1			0.1	0	0		닫힘_DI
2	CB	1.00	0.2	0	0		완전열림_DI
			0.3	0	1		완전닫힘_DI
			0.4	0	0		
			0.5	0	0		
			0.6	00	0	0	열림_DO
			0.7	00	0	0	정지_DO
			0.8	00	0	0	닫힘_DO
			0.9	00	0	0	자동종전_DO
			0.10	00	0	0	전동경고_DO
			0.11	00	0	0	전동비상_DO
			0.12	0	192C	0	전류_시
			0.13	0	2255	0	소음_시
			0.14	0	254F	0	온도_시
			0.15	0	1941	0	내수위_시
			0.16	0	1885	0	외수위_시
			0.17	0	24	0	
			2.20	0	0	0	

Fig. 3-19 1V voltage application admin tool program screen



Fig. 3-20 Multimeter 20mA reading



Fig. 3-21 Multimeter 5V reading

AdminTool Server

서버: 8086 | 상태: Binded | URL: 192.168.0.39 | 포트: 23100 | Disconnect

ID List	실시간 데이터	스크립트	태그 설정	설정			
LteTest01							
Module List							
No	ID	Ver	주소	ID	값	옵션	이름
0	CPU	1.1.1E	0.0	0	0		열림_DI
1			0.1	0	0		닫힘_DI
2	CB	1.00	0.2	0	0		완전열림_DI
			0.3	0	1		완전닫힘_DI
			0.4	0	0		
			0.5	0	0		
			0.6	00	0	0	열림_DO
			0.7	00	0	0	정지_DO
			0.8	00	0	0	닫힘_DO
			0.9	00	0	0	자동종전_DO
			0.10	00	0	0	전동경고_DO
			0.11	00	0	0	전동비상_DO
			0.12	0	191F	0	전류_시
			0.13	0	2254	0	소음_시
			0.14	0	254E	0	온도_시
			0.15	0	1942	0	내수위_시
			0.16	0	1884	0	외수위_시
			0.17	0	24	0	
			2.20	0	0	0	

Fig. 3-22 20mA current application admin tool program screen

AdminTool Server

서버: 8086 | 상태: Binded | URL: 192.168.0.39 | 포트: 23100 | Disconnect

ID List	실시간 데이터	스크립트	태그 설정	설정			
LteTest01							
Module List							
No	ID	Ver	주소	ID	값	옵션	이름
0	CPU	1.1.1E	0.0	0	0		열림_DI
1			0.1	0	0		닫힘_DI
2	CB	1.00	0.2	0	0		완전열림_DI
			0.3	0	1		완전닫힘_DI
			0.4	0	0		
			0.5	0	0		
			0.6	00	0	0	열림_DO
			0.7	00	0	0	정지_DO
			0.8	00	0	0	닫힘_DO
			0.9	00	0	0	자동종전_DO
			0.10	00	0	0	전동경고_DO
			0.11	00	0	0	전동비상_DO
			0.12	0	191E	0	전류_시
			0.13	0	2254	0	소음_시
			0.14	0	254E	0	온도_시
			0.15	0	1941	0	내수위_시
			0.16	0	1884	0	외수위_시
			0.17	0	24	0	
			2.20	0	0	0	

Fig. 3-23 5V voltage application admin tool program screen



#### 4. 계측부

계측부에서는 수문의 개도율을 표시하는 파트로 0에서 100%의 범위값을 나타낸다. 입출력 포트수는 총 5채널이며, 분해능(resolution)은 12bit로 한다. 4~20mA, DC 1~5V 입력값을 디지털 값으로 변환 기능을 수행하였으며, 회로도 는 Fig. 3-24와 같다.

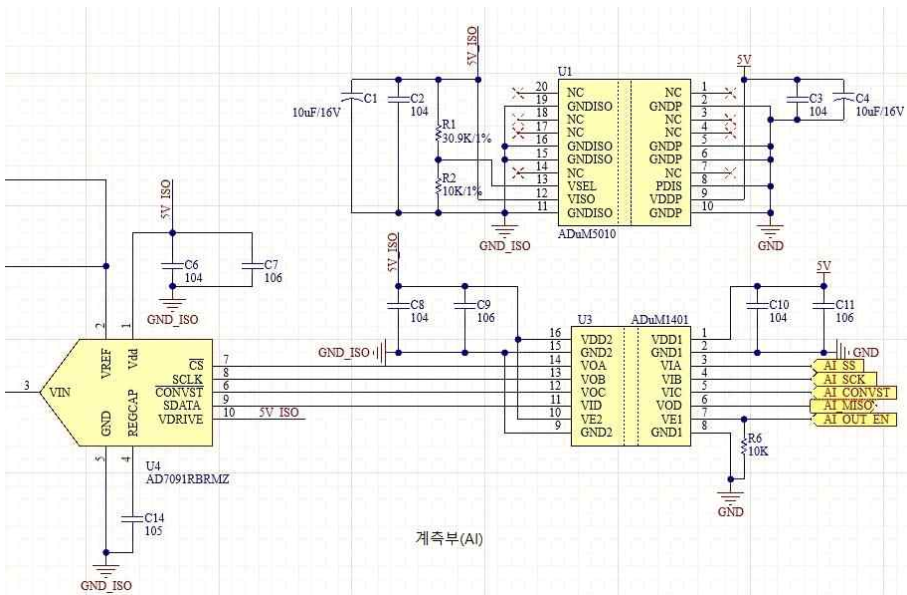


Fig. 3-24 Measurement unit (AI) circuit diagram

연구지표는 5초 이내(반응시간)하여야 하며, 시험목표는 프로그램 화면에서 열림 버튼을 클릭하여 변경될 경우 5초 이내에 개도율이 (0~100) % 범위에서 변화되어야 한다. 계측부에 대한 시험절차는 프로그램에서 열림 전 화면을 캡처한하고, 열림 시 개도율이 변화되기 시작한 시간을 기록한다. 수문 개방 시 개도율이 변화된 화면을 캡처한다. 자율운영 시스템의 개도율 아날로그 입력 단자에 오실로스코프로 변화되는 파형을 측정한다. Fig. 3-25는 프로그램 화면에서 수문 열림을 하기 전의 상태를 나타낸다. 프로그램에서 수문

제어를 실행한 후 제어되기까지의 시간을 측정한 결과는 Fig. 3-26과 같으며, 수문이 제어되고 난 후 프로그램상에 열림중을 나타낸 상태는 Fig. 3-27으로 측정된다. 제어 후 오실로스코프를 통해 전압을 제어하였을 때 Fig. 3-28과 같이 나타난다.



Fig. 3-25 Program screen before floodgate opening



Fig. 3-26 Program screen water gate opening rate change start time



Fig. 3-27 Program screen when water gate is opened

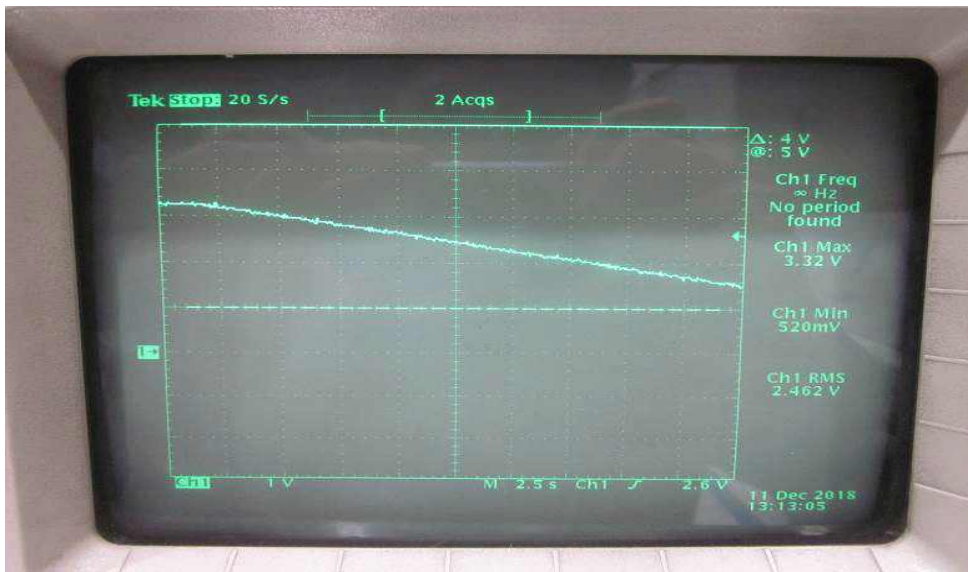


Fig. 3-28 Water gate opening rate AI terminal change waveform

## 5. 감시부

감시부는 디지털 입력을 받아 데이터를 전송한다. 입출력 포트는 총 7채널로서 디지털 입력(DI) 6채널, 펄스 입력(PI) 1채널로 구성된다. 디지털 입력은 AC220V 입력을 디지털 값으로 변환한다. 펄스 입력은 펄스 접점을 디지털 값으로 변환하여 카운트한다. 감시부의 회로도에는 Fig. 3-29와 같다.

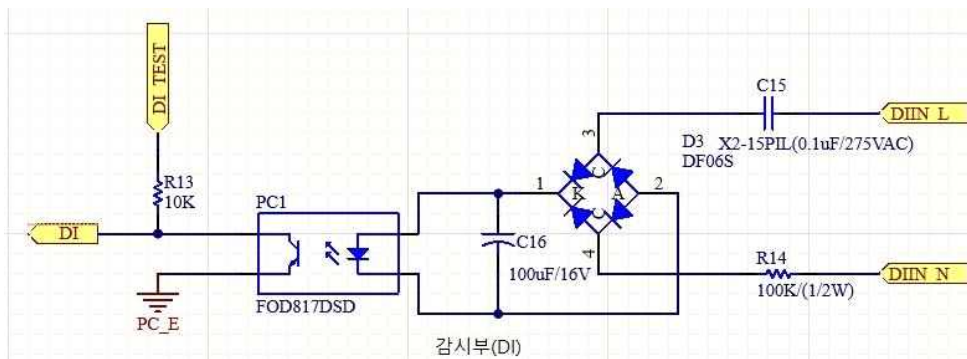


Fig. 3-29 Status monitoring unit(DI) circuit diagram

감시부에서 시험은 반응시간이 5초 이내 동작되는지를 확인하는 것이다. 시험목표는 프로그램 화면에서 수문 닫힘 버튼을 클릭하여 수문이 완전히 닫힐 경우, 닫히고 있는 수문은 자동으로 정지될 때, 프로그램 화면에서 5초 이내에 완전 닫힘을 표시해야 하며 프로그램 화면에서 5초 이내에 닫힘의 적색 버튼이 녹색으로 변경되어야 한다. 시험절차는 프로그램에서 수문 완전 닫힘 이전 화면 캡처하고, 프로그램 화면에 완전 닫힘과 닫힘 버튼의 색상이 변경된 시간 기록하는 것이다. 프로그램에서 완전 닫힘 상태의 화면 캡처하고, 시스템의 닫힘 디지털 입력 단자와 완전 닫힘 디지털 입력 단자의 오실로스코프 파형을 측정한다. Fig. 3-30는 프로그램을 통해 수문 닫힘 기능을 동작

시키기 전의 프로그램 상태를 나타낸다. 제어 후 5초 이내 닫힘 명령을 수행할 때까지의 시간을 측정한 결과 Fig. 3-31과 같다. Fig. 3-32는 수문이 완전 닫힘 후 프로그램상에 수문 완전 닫힘으로 표시된 상태를 나타낸다. 프로그램상에 수문 완전 닫힘 후 Fig. 3-33과 같이 오실로스코프상에 전압 변화가 나타났다.



Fig. 3-30 Status program screen before full closing of the water gate





Fig. 3-31 Program display time (2 seconds 92)



Fig. 3-32 Status program screen when the water gate is completely closed

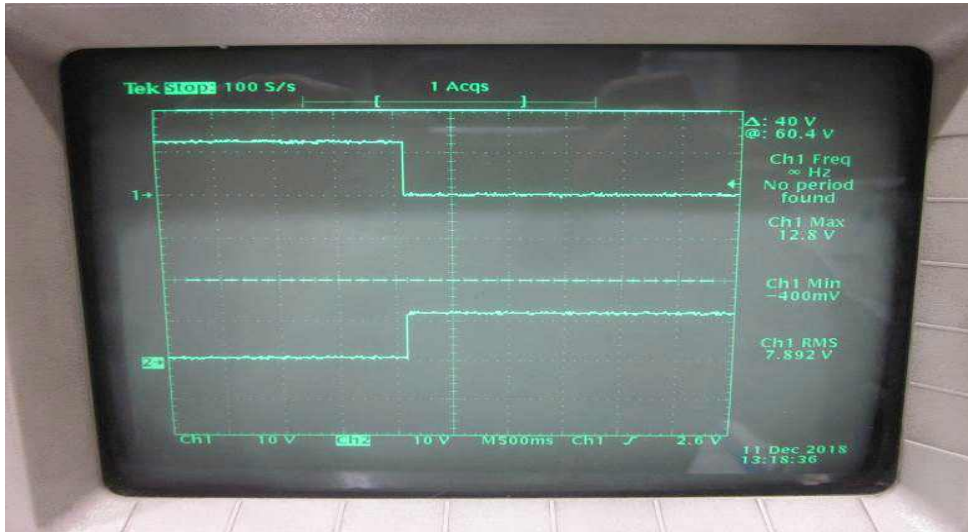


Fig. 3-33 Water Gate Closed and Fully Closed DI Terminal Waveforms

## 6. 제어부

제어부는 제어 프로그램의 신호를 받아 출력을 내보내는 기능을 수행한다. 제어부에 전압을 걸어줌으로써 수문의 개방 신호 또는 펌프의 동작 신호를 송출하는 기능이다 입출력 포트 수 디지털 출력(DO) 6채널이다. 제어부는 디지털 출력 신호를 받아 릴레이 접점(DRY CONTACT)로 출력을 내보내며, 회로도는 Fig. 3-34와 같다.

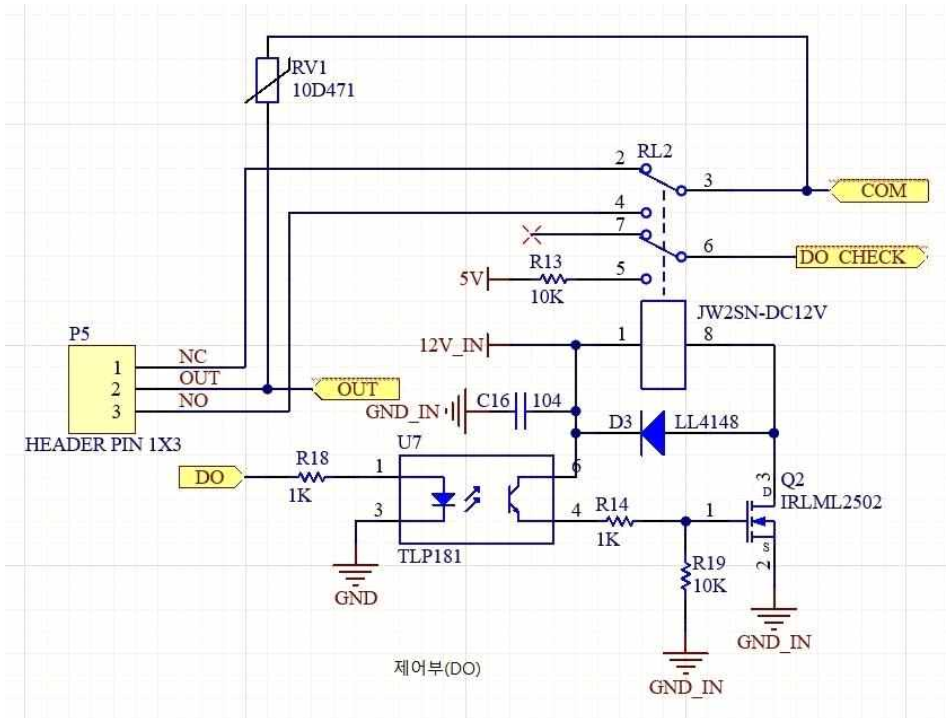


Fig. 3-34 Control unit (DO) circuit diagram

연구지표는 제어 프로그램에서 제어 명령을 실행하였을 때 5초 이내에 반응하는지의 여부를 확인한다. 시험 목표는 프로그램 화면에서 열림 버튼을 클릭하면, 5초 이내에 현장 수문이 열려야 한다. 현장 수문이 열리면 신호가 발생되어 자율운영 시스템의 열림 디지털 출력 및 디지털 입력 단자에 인가



되고 프로그램 화면에서 5초 이내에 녹색 버튼이 적색으로 변경되어야 하며, 시험절차는 클릭 전 프로그램 화면 캡처한다. 현장 수문이 열리기 시작할 때 시간 기록하고, 오실로스코프로 자율운영 시스템의 열림 디지털 출력 및 디지털 입력 단자의 파형 측정한다. 프로그램 화면을 캡처하고, 제어부에 대한 시험 결과는 Fig. 3-35, Fig. 3-36, Fig. 3-37, Fig. 3-38과 같다.



Fig. 3-35 Program screen before click to gate opening



Fig. 3-36 Water gate opening start time

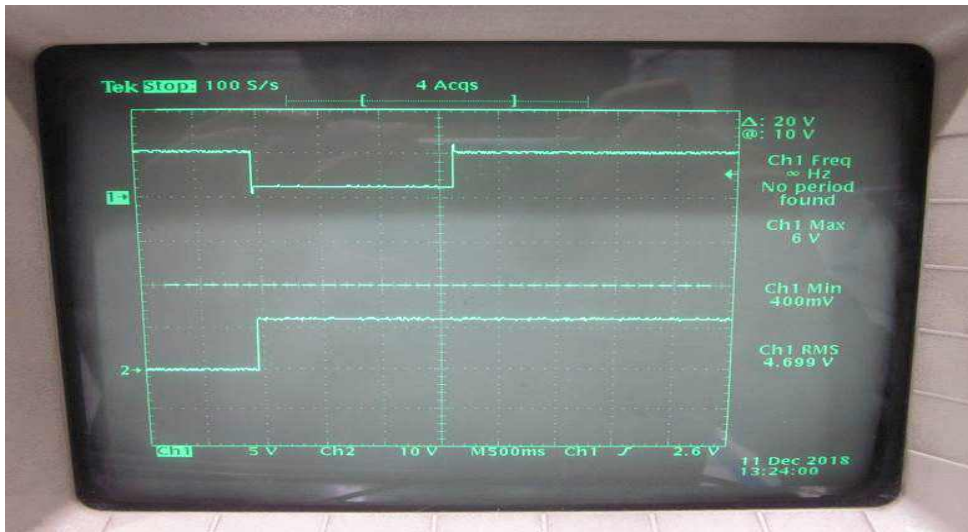


Fig. 3-37 Water gate opening DO and DI terminal waveform



Fig. 3-38 Program screen after clicking to open the water gate

## 제 2 절 기계과부하 동작 실험 및 분석

### 1. 기계과부하 분석

Fig. 3-39와 같이 집중호우로 인해 수위가 급격하게 상승하고 있는 상황에서 상류측에서 물과 함께 유입되는 혐잡물로 인해 현장 기계측(수문)의 모터(권양기 등) 과부하 발생은 고장의 원인이 된다.



Fig. 3-39 Photo of contaminants flowing into the water gate during rainfall

이물질을 통해 수문 개방 모터에 가해지는 과부하를 측정하기 위 Fig. 3-40와 Fig. 3-41과 같은 수문 모형에 시스템을 구축하여 분석방법은 실험실

내에서 수문에 이물질이 끼여 수문이 닫히지 않을 경우 전류, 진동, 소음의 발생 형태를 정상인 전압값 확인을 위해 시험한다. Fig. 3-39와 같은 부유물이 주는 부하를 시험하기 위해 실험용 수문 하단에 이물질을 삽입하여 수문을 닫을 때 발생하는 전류, 진동, 소음을 측정하여 비교한다.

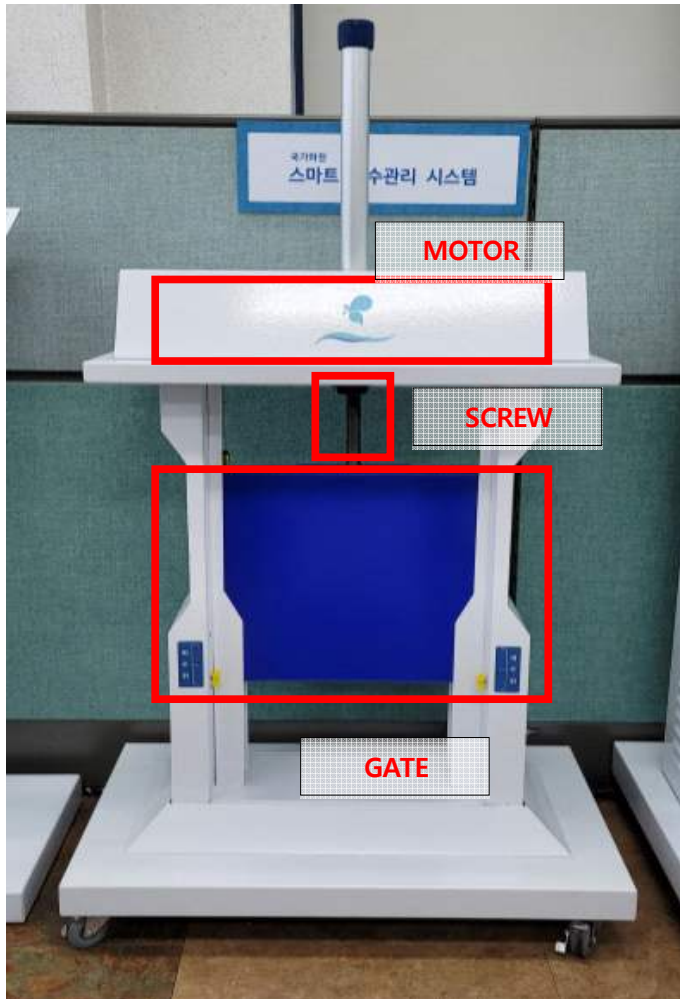


Fig. 3-40 Experimental water gate without contaminants



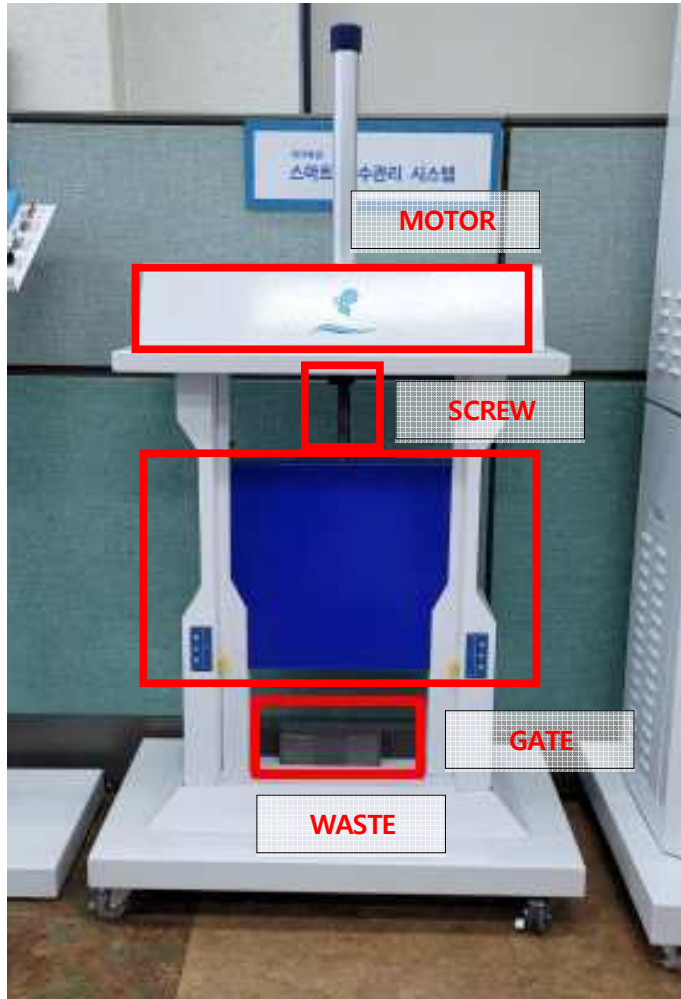


Fig. 3-41 Insert contaminants into the lower part of the experimental water gate

실험데이터는 Fig. 3-40의 이물질이 끼지 않은 실험용 수문을 통해 정상적으로 수문이 닫히는 경우 전류, 진동, 소음 데이터를 10회 획득하고 Fig. 3-41의 이물질을 실험용 수문하단에 삽입하고 수문이 닫히는 경우 전류, 진동, 소음 데이터를 10회 획득한 결과는 아래와 같이 이물질이 끼지 않은 정상적인 수문의 경우 전류, 진동, 소음이 일정범위에서 변화를 하나 이물질이 낀 수문에서는 정상적인 수문에서 보인 일정범위를 벗어난 그래프 형태를 보인다.

1회차 시험 그래프는 Fig. 3-42, Fig. 3-43, Fig. 3-44와 같이 나타냈으며, 여기서 Fig. 3-42는 수문에 이물질이 끼었을 때 이상 전류값이 급격히 증가하는 것을 보였으며, Fig. 3-43은 전압값의 변화를, Fig. 3-45는 소음의 변화를 각각 나타낸다.



Fig. 3-42 1st normal and abnormal current change graph

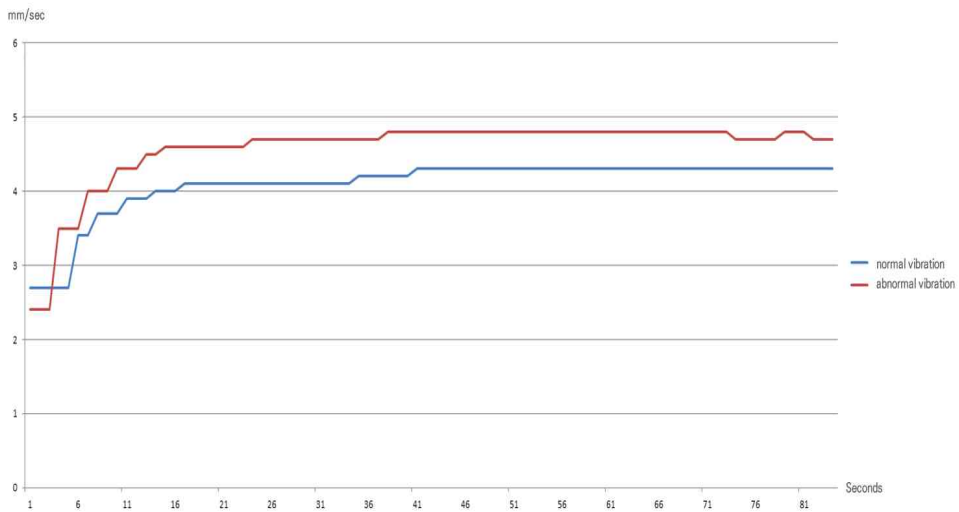


Fig. 3-43 1st normal and abnormal vibration change graph

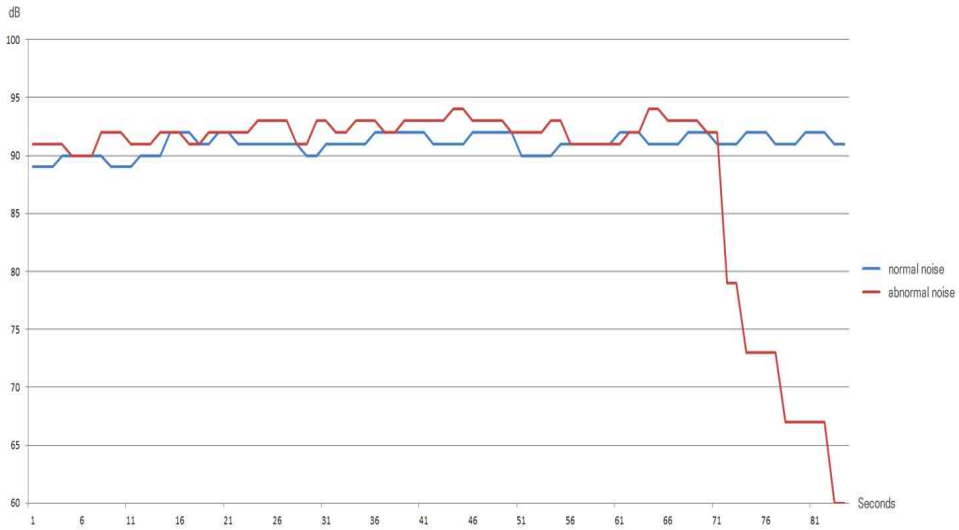


Fig. 3-44 1st normal and abnormal noise change graph

2회차 시험 그래프는 Fig. 3-45, Fig. 3-46, Fig. 3-47과 같이 나타냈으며, 여기서 Fig. 3-45는 전류값의 변화를 보였으며, Fig. 3-46은 전압값의 변화를, Fig. 3-47은 소음의 변화를 각각 나타낸다.

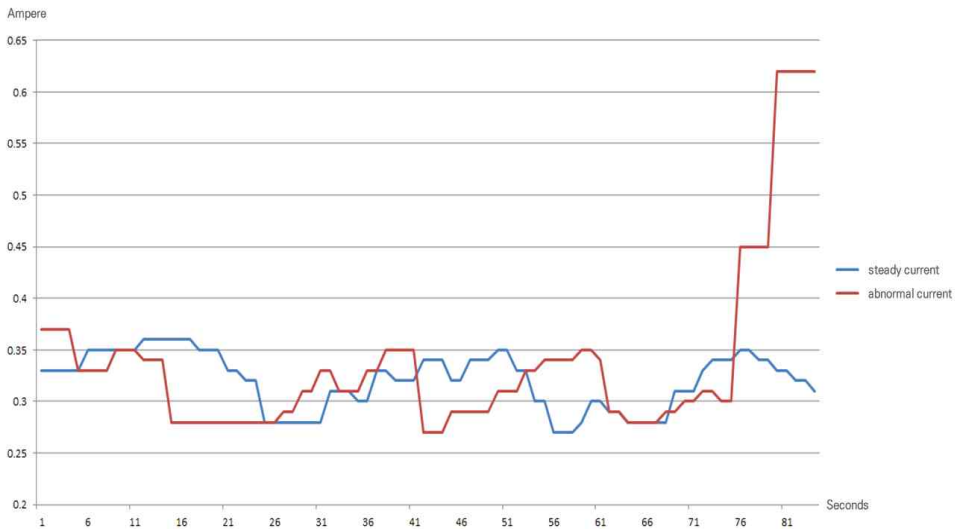


Fig. 3-45 2nd normal and abnormal current change graph

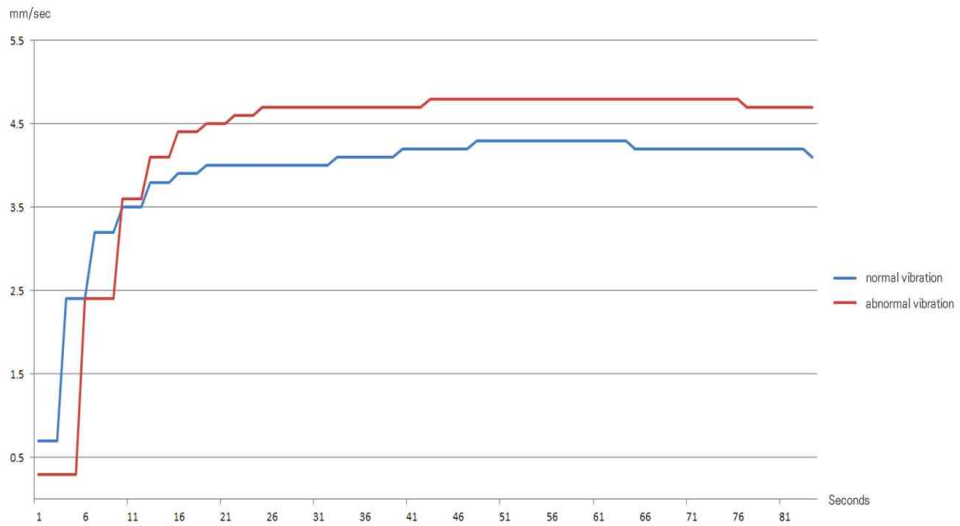


Fig. 3-46 2nd normal and abnormal vibration change graph

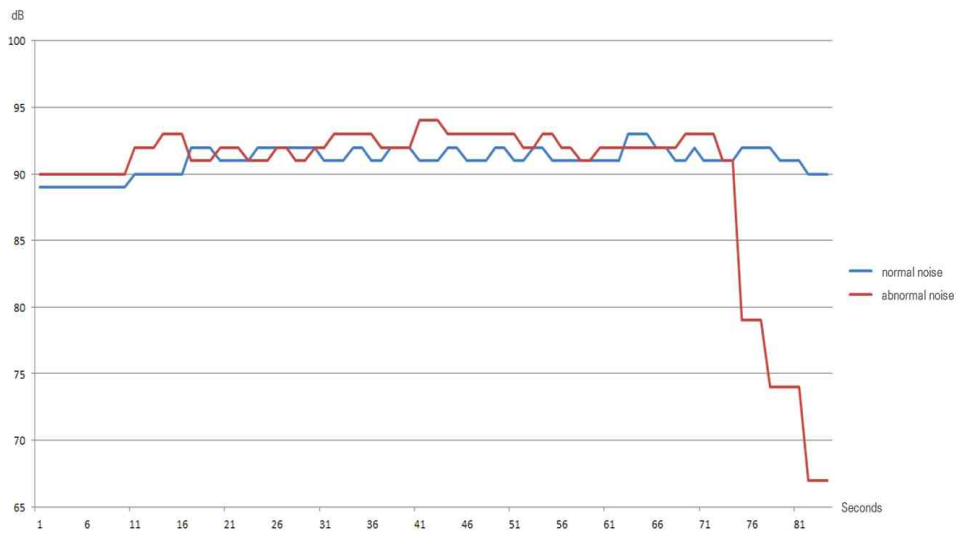


Fig. 3-47 2nd normal and abnormal noise change graph



3회차 시험 그래프는 Fig. 3-48, Fig. 3-49, Fig. 3-50과 같이 나타냈으며, 여기서 Fig. 3-48은 전류값의 변화를 보였으며, Fig. 3-49는 전압값의 변화를, Fig. 3-50은 소음의 변화를 각각 나타낸다.

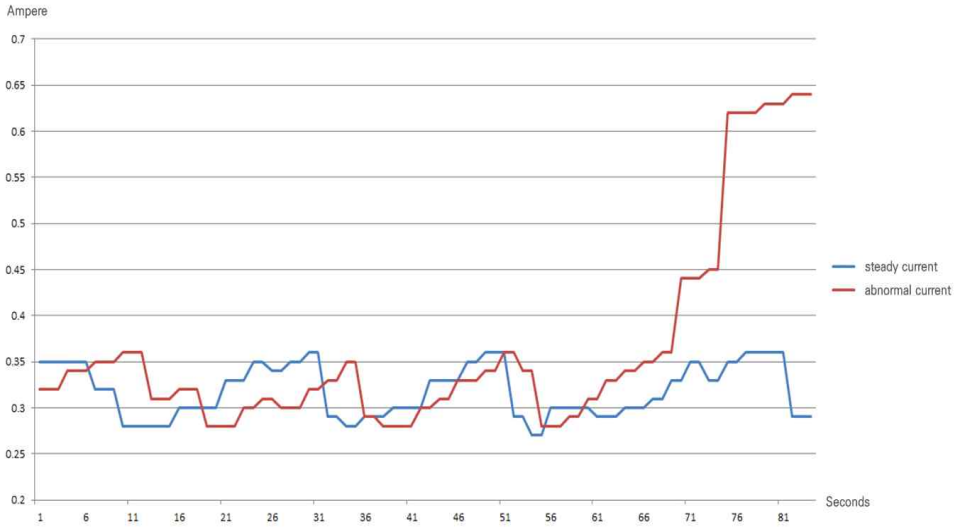


Fig. 3-48 3rd normal and abnormal current change graph

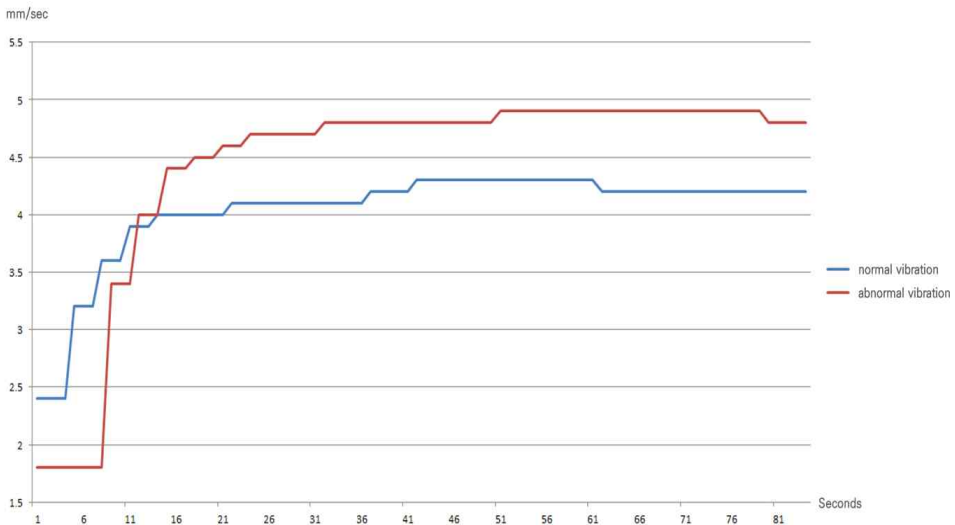


Fig. 3-49 3rd normal and abnormal vibration change graph

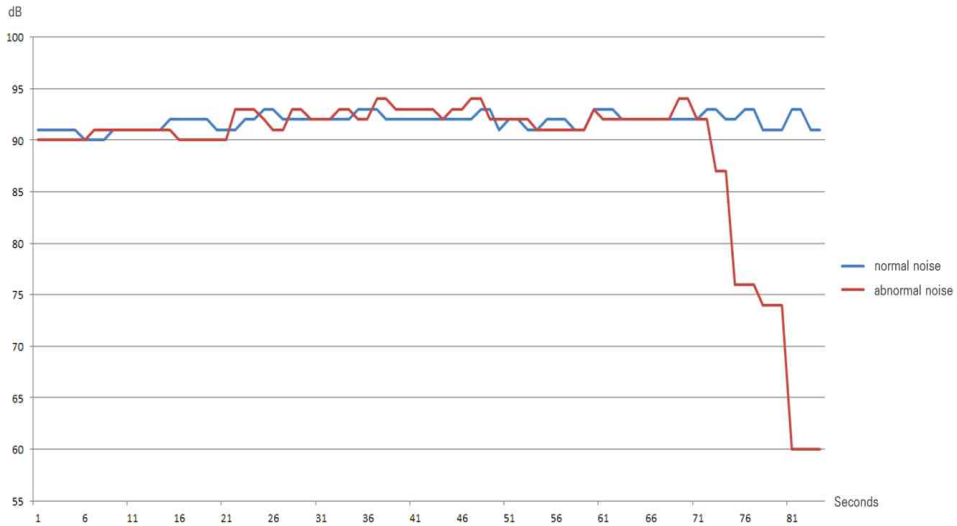


Fig. 3-50 3rd normal and abnormal noise change graph

4회차 시험 그래프는 Fig. 3-51, Fig. 3-52, Fig. 3-53과 같이 나타냈으며, 여기서 Fig. 3-51은 전류값의 변화를 보였으며, Fig. 3-52는 전압값의 변화를, Fig. 3-53은 소음의 변화를 각각 나타낸다.

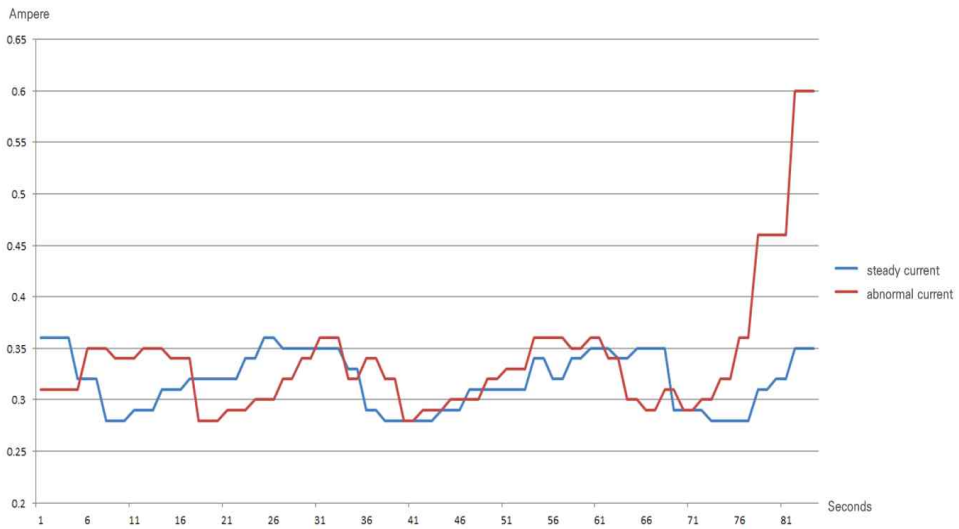


Fig. 3-51 4th normal and abnormal current change graph

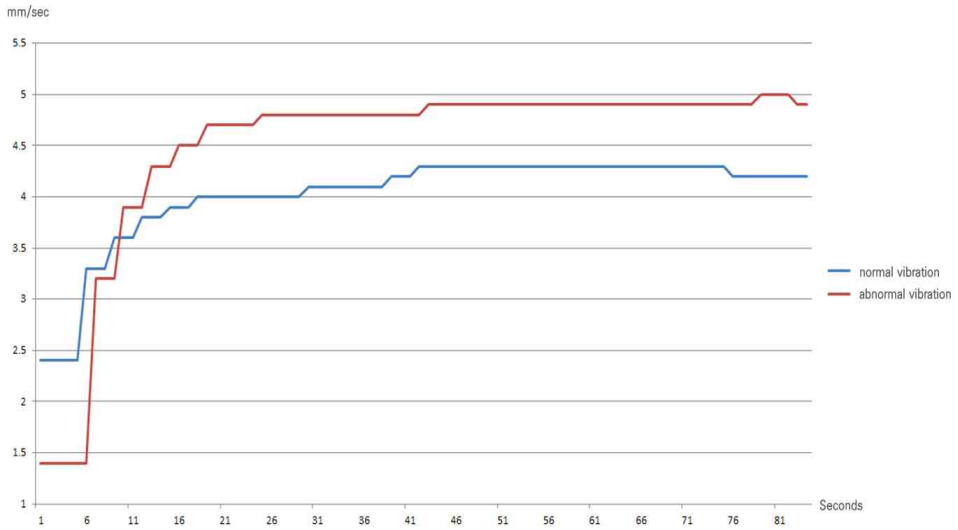


Fig. 3-52 4th normal and abnormal vibration change graph

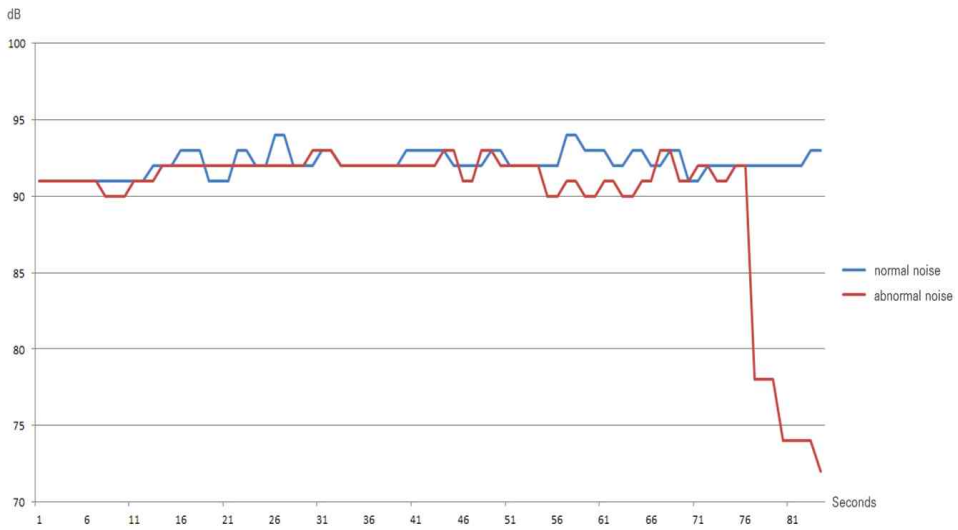


Fig. 3-53 4th normal and abnormal noise change graph

5회차 시험 그래프는 Fig. 3-54, Fig. 3-55, Fig. 3-56과 같이 나타냈으며, 여기서 Fig. 3-54는 전류값의 변화를 보였으며, Fig. 3-55는 전압값의 변화를, Fig. 3-56은 소음의 변화를 각각 나타낸다.



Fig. 3-54 5th normal and abnormal current change graph

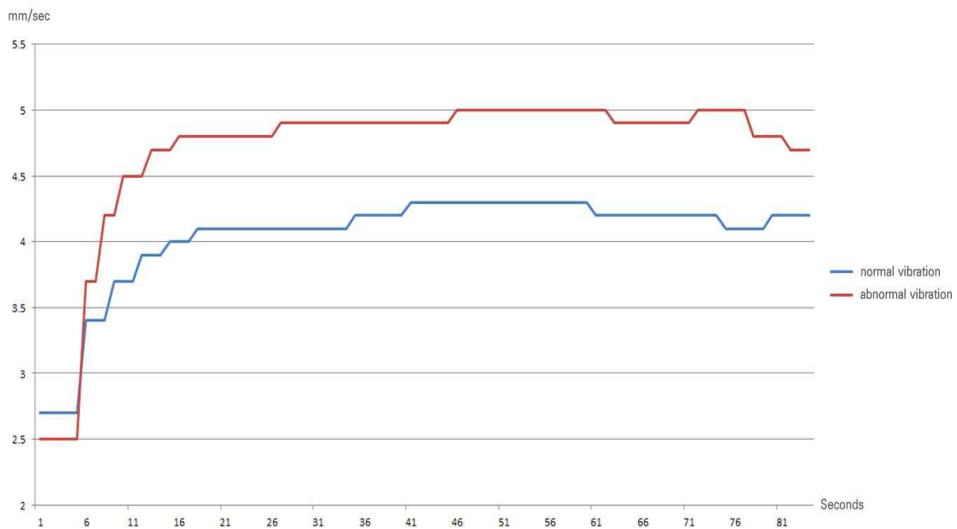


Fig. 3-55 5th normal and abnormal vibration change graph

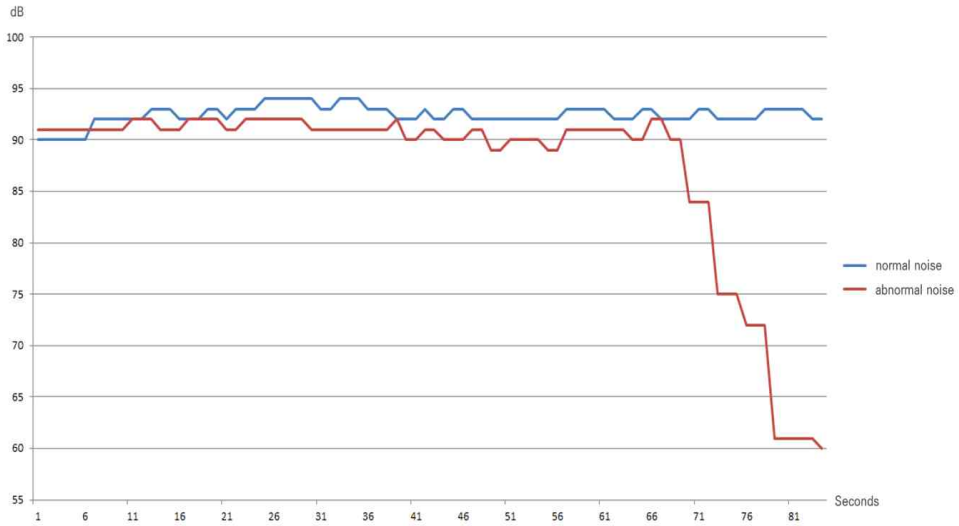


Fig. 3-56 5th normal and abnormal noise change graph

6회차 시험 그래프는 Fig. 3-57, Fig. 3-58, Fig. 3-59와 같이 나타냈으며, 여기서 Fig. 3-57은 전류값의 변화를 보였으며, Fig. 3-58은 전압값의 변화를, Fig. 3-59는 소음의 변화를 각각 나타낸다.



Fig. 3-57 6th normal and abnormal current change graph

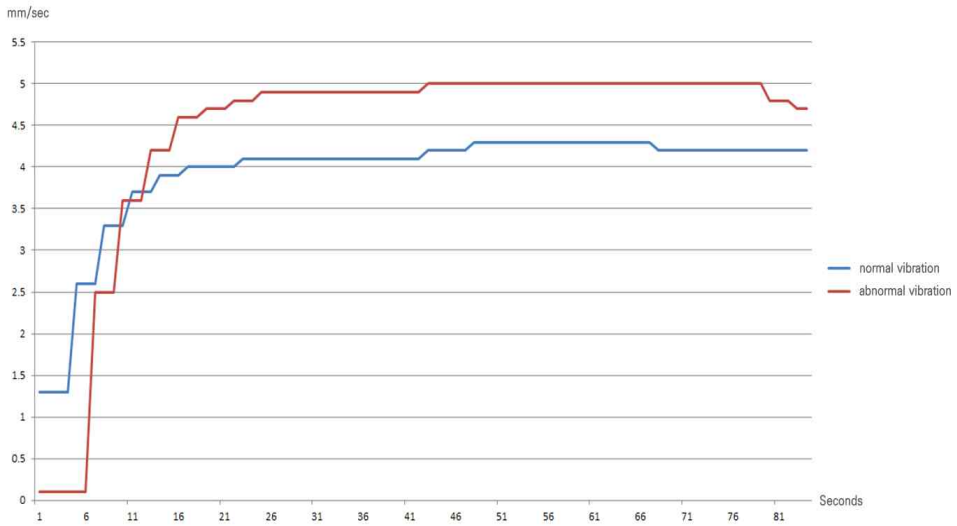


Fig. 3-58 6th normal and abnormal vibration change graph

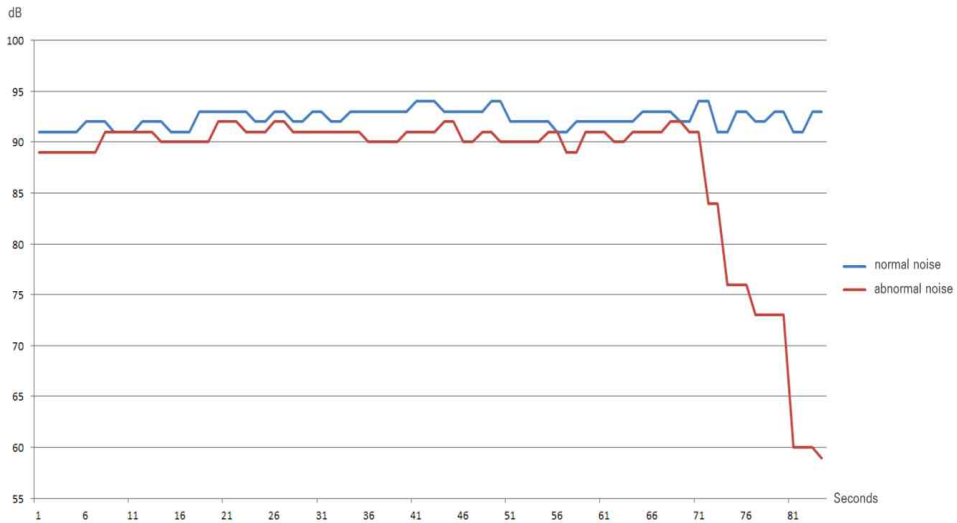


Fig. 3-59 6th normal and abnormal noise change graph

7회차 시험 그래프는 Fig. 3-60, Fig. 3-61, Fig. 3-62와 같이 나타냈으며, 여기서 Fig. 3-60은 전류값의 변화를 보였으며, Fig. 3-61은 전압값의 변화를, Fig. 3-62는 소음의 변화를 각각 나타낸다.

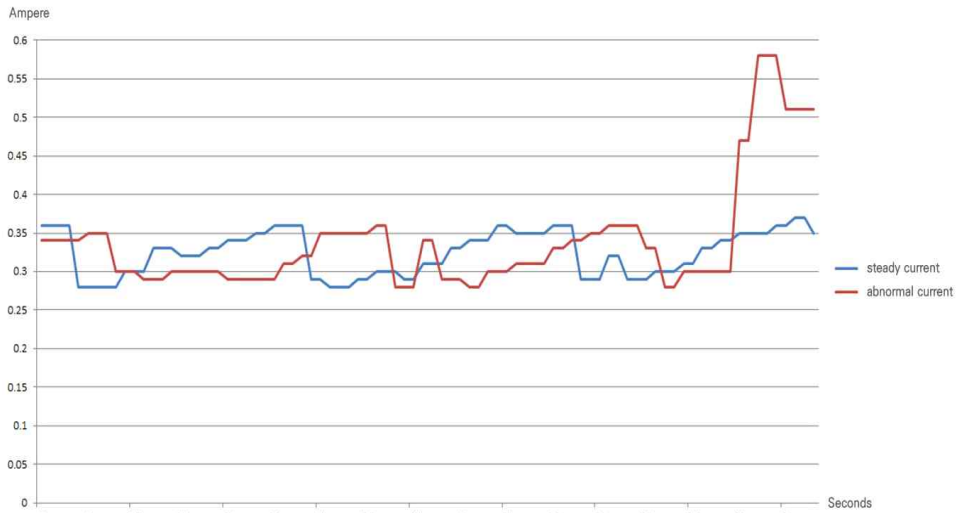


Fig. 3-60 7th normal and abnormal current change graph

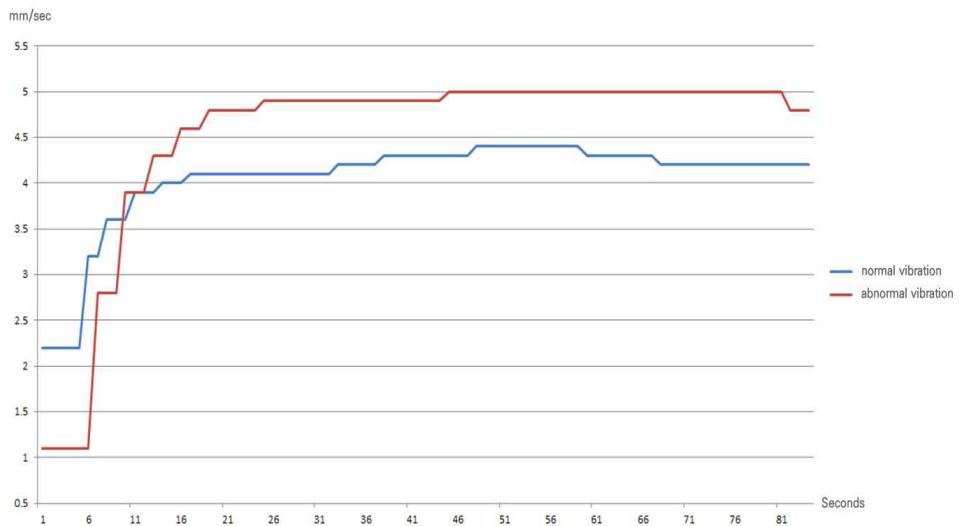


Fig. 3-61 7th normal and abnormal vibration change graph





Fig. 3-62 7th normal and abnormal noise change graph

8회차 시험 그래프는 Fig. 3-63, Fig. 3-64, Fig. 3-65와 같이 나타냈으며, 여기서 Fig. 3-63은 전류값의 변화를 보였으며, Fig. 3-64는 전압값의 변화를, Fig. 3-65는 소음의 변화를 각각 나타낸다.

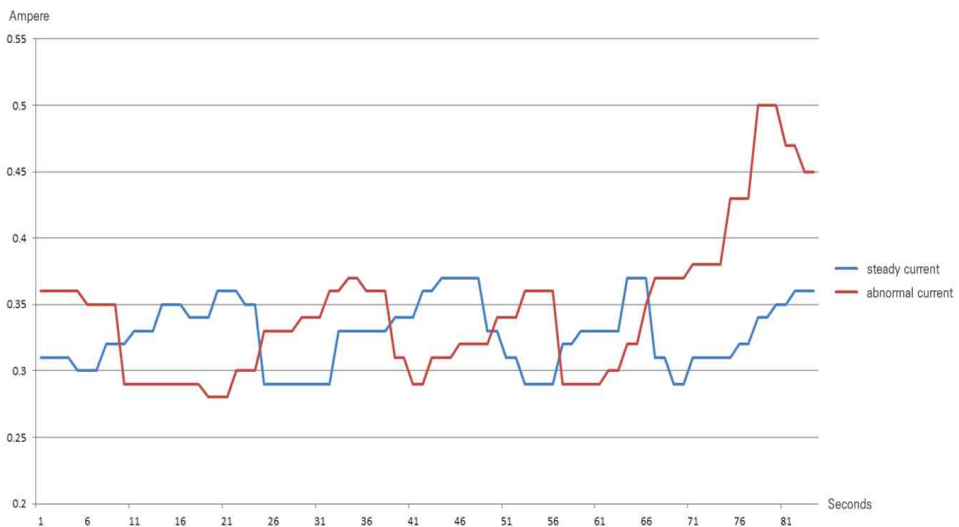


Fig. 3-63 8th normal and abnormal current change graph

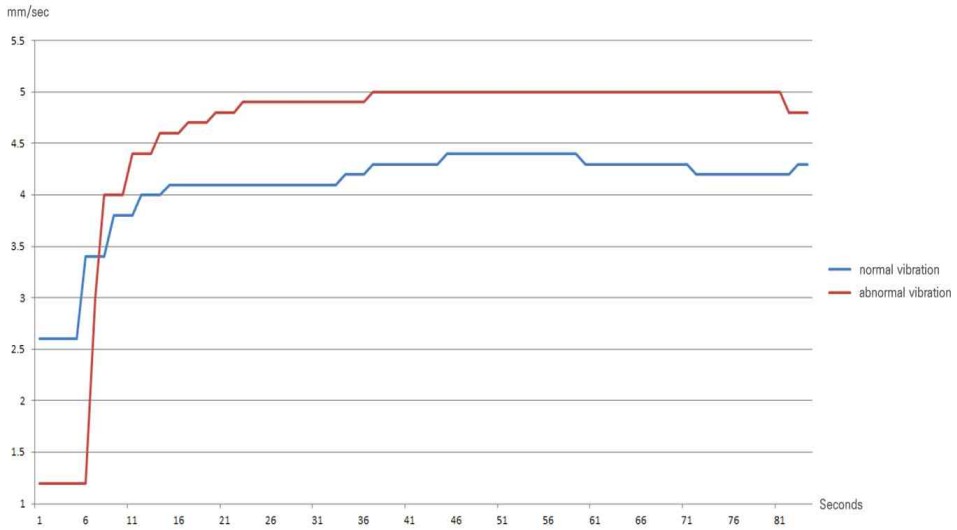


Fig. 3-64 8th normal and abnormal vibration change graph



Fig. 3-65 8th normal and abnormal noise change graph

9회차 시험 그래프는 Fig. 3-66, Fig. 3-67, Fig. 3-68와 같이 나타냈으며, 여기서 Fig. 3-66은 전류값의 변화를 보였으며, Fig. 3-67은 전압값의 변화를, Fig. 3-68은 소음의 변화를 각각 나타낸다.

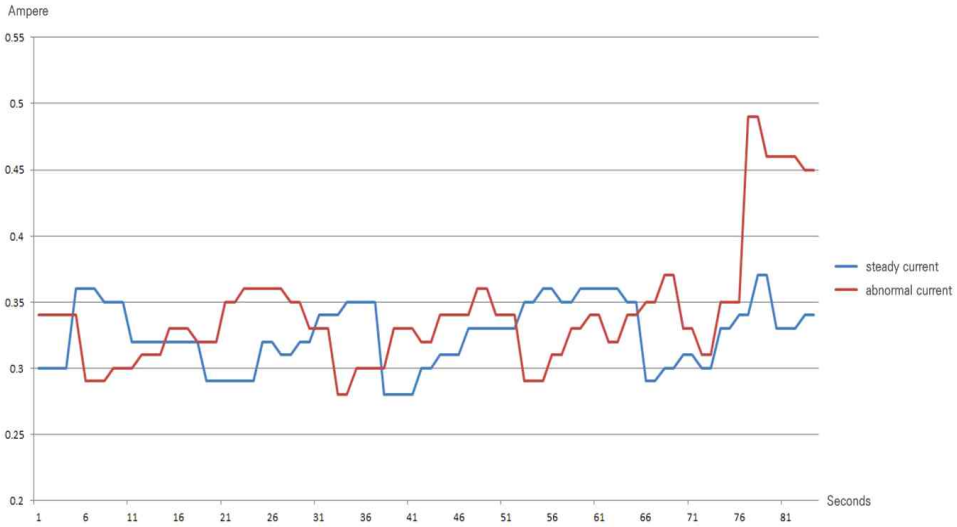


Fig. 3-66 9th normal and abnormal current change graph

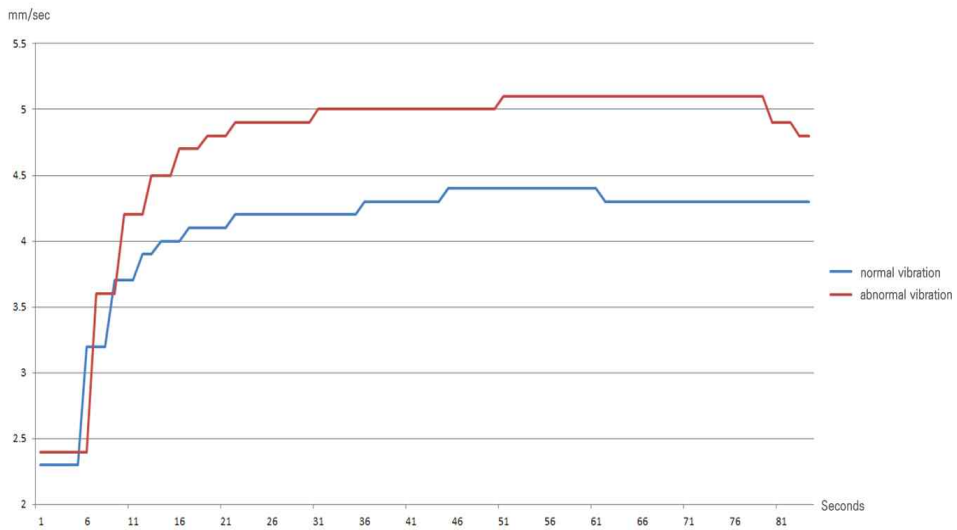


Fig. 3-67 9th normal and abnormal vibration change graph

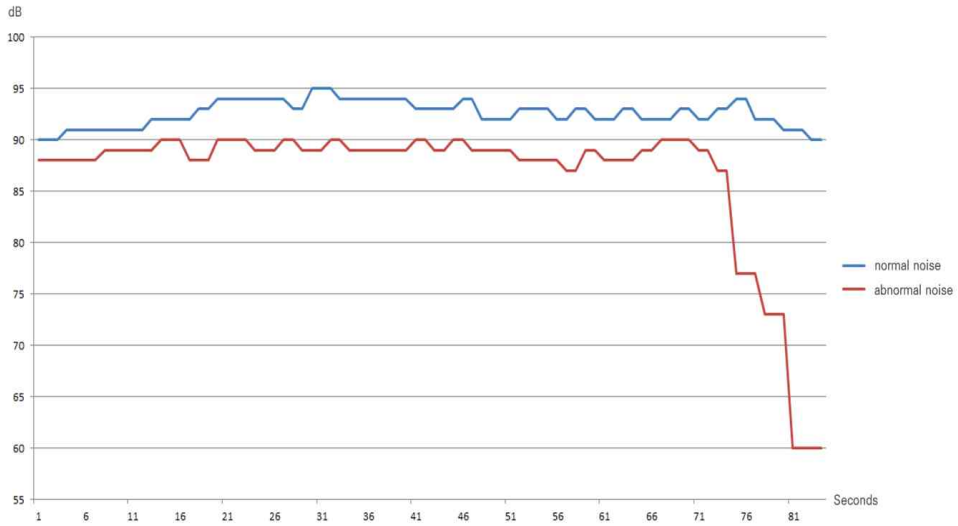


Fig. 3-68 9th normal and abnormal noise change graph

10회차 시험 그래프는 Fig. 3-69, Fig. 3-70, Fig. 3-71과 같이 나타냈으며, 여기서 Fig. 3-69는 전류값의 변화를 보였으며, Fig. 3-70은 전압값의 변화를, Fig. 3-71은 소음의 변화를 각각 나타낸다.

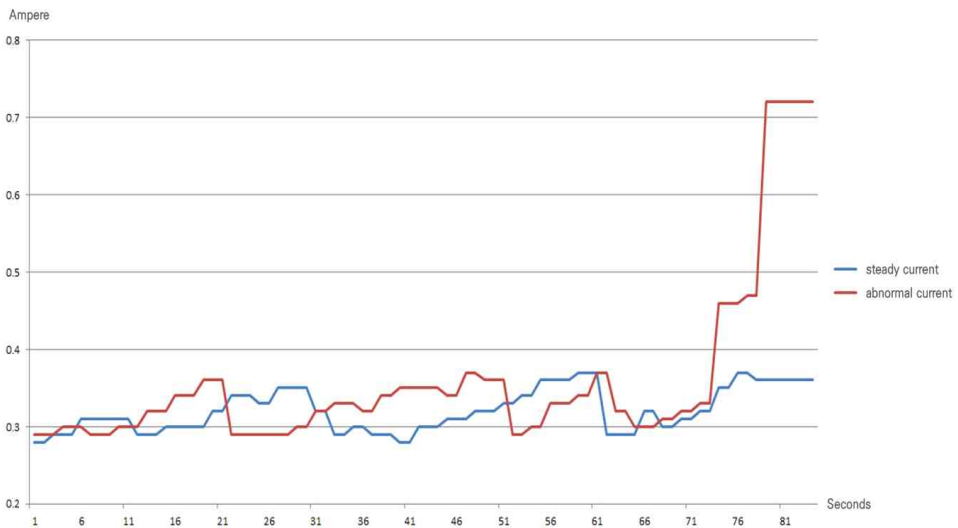


Fig. 3-69 10th normal and abnormal current change graph

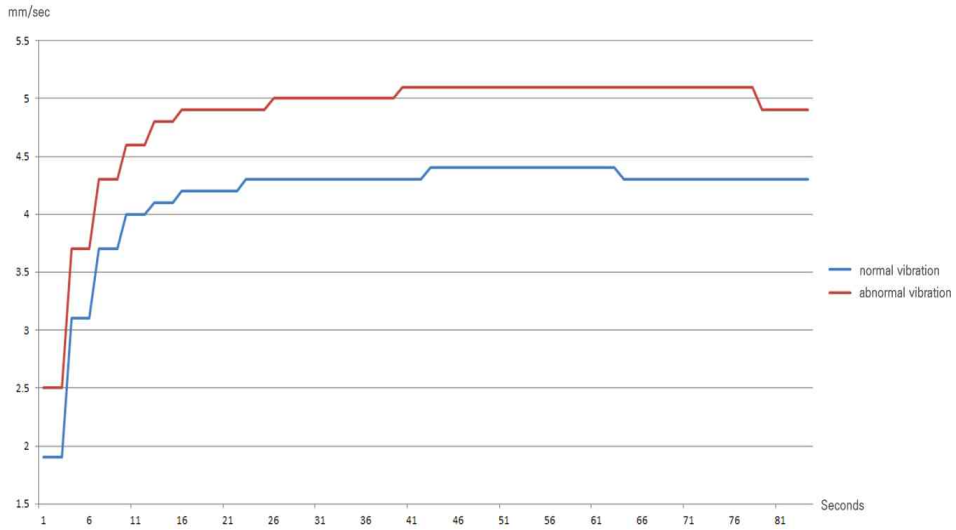


Fig. 3-70 10th normal and abnormal vibration change graph

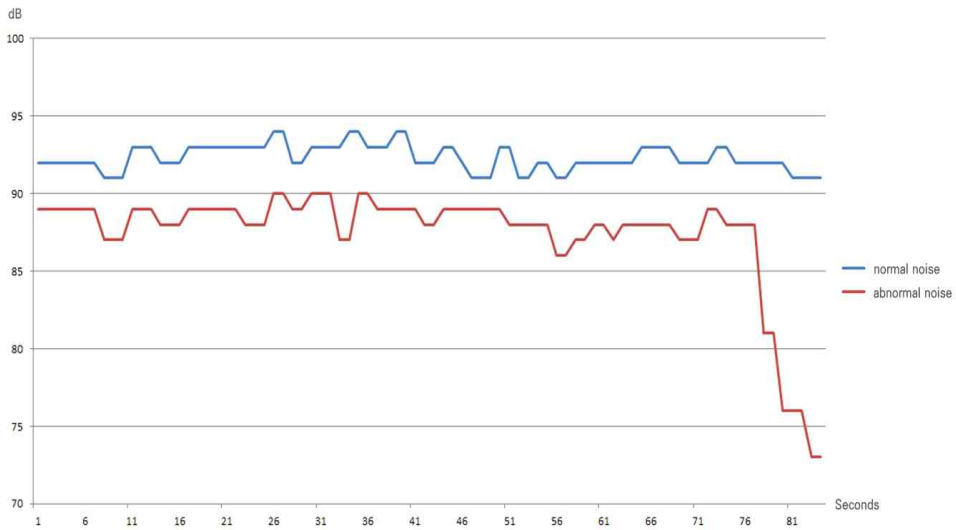


Fig. 3-71 10th normal and abnormal noise change graph

상기 열거한 10회의 전류, 진동, 소음 데이터를 살펴본 결과 이물질이 끼지 않은 정상적인 수문의 경우 전류, 진동, 소음이 일정범위내에서 증가 또는 감

소하나 이물질이 낀 수문에서는 정상적인 수문에서 보인 일정 범위를 벗어난 그래프 형태를 보인다. 시스템에 의한 과부하 판단을 위해서는 수문의 정상적인 전류, 진동, 소음 범위를 설정하였고, 해당 임계 범위를 벗어나는 경우 3회에 걸쳐 시설물을 동작 정지 동작을 실시하였다. 3회 이상 범위를 초과하는 경우 경고 및 알람을 전송하게 하였고, 시스템은 시설물 동작을 정지하도록 기계 과부하 점검 및 조치를 하도록 구현하였다.

기존 제어시스템의 경우 수리시설의 과부하, 전원 이상과 같은 원격에서 판단할 수 없는 상황에 대처하기 위해 자율운영 시스템을 운영 시 직접 확인할 수 없는 기계의 진동, 베어링 온도, 기계 동작음, 유압식 수문의 압력, 전류, 전압 등 현장 상황에 맞는 다양한 판단기준을 설정하고 분석하여 이에 따른 이상 유무 판단을 시스템이 자율적으로 수행하고 대처한다. 기능별 비교 내용은 Table 3-2와 같다.

Table 3-2 Comparison of system response when contaminants is caught in the water gate

기존 원격계측감시제어시스템	물관리 자율운영시스템
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 중앙관리소에서 관리자가 직접 수위값, 전류값, 전압값을 보고 수문을 원격으로 개방한다.</li> <li>○ 이 때, 관리자는 수문에 이물질이 걸려 있는 상황을 알 수 없다.</li> <li>○ 이물질로 수문이 닫히지 못하고 권양기 모터는 계속 동작하여 기계과부하로 고가의 기계장치는 고장이 발생하게 되는데 관리자는 고장상황을 원격에서 알 수 없다.</li> <li>○ 고가의 기계장치에 고장이 발생하고 재난재해의 피해를 입게 된다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 시스템이 수위값, 전류값, 전압값을 파악하여 자율적으로 수문을 개방한다.</li> <li>○ 이 때, 시스템은 수문에 이물질이 걸려 전류, 진동, 소음이 설정된 정상기준을 초과하는 것을 판단한다.</li> <li>○ 시스템은 자동으로 수문을 설정시간 간격으로 복귀, 열림, 정지, 닫힘을 통해 수문을 상하 이동시켜 이물질을 수압으로 제거하고 관리자 화면에 경고창을 팝업시키고, 문자메시지(SMS)를 전송한다.</li> <li>○ 고가의 기계장치를 보호하고, 재난재해에 안전하게 대처한다.</li> </ul>

## 2. 기계과부하 진단 및 자율대응 프로세스

수리시설물의 진동, 소음, 온도 및 전류의 이상 신호를 감지하여 경고 및 알람을 발생하여 관리자로 하여금 인지하게 한다. 경고 발생 시에는 기기 동작을 중지하지 않고 알람만 발생하고 동작 수행한다. 알람 발생 시에는 기기의 동작을 중단하고, 알람의 발생 원인이 해결된 뒤에는 동작을 다시 재개하도록 한다. 재개 시도를 3회 실시했음에도 알람이 발생할 경우 관리자에게 알리고 관리자 수동 해제 할 때까지 동작 중지한다. 플로우차트는 Fig. 3-72 와 같다.

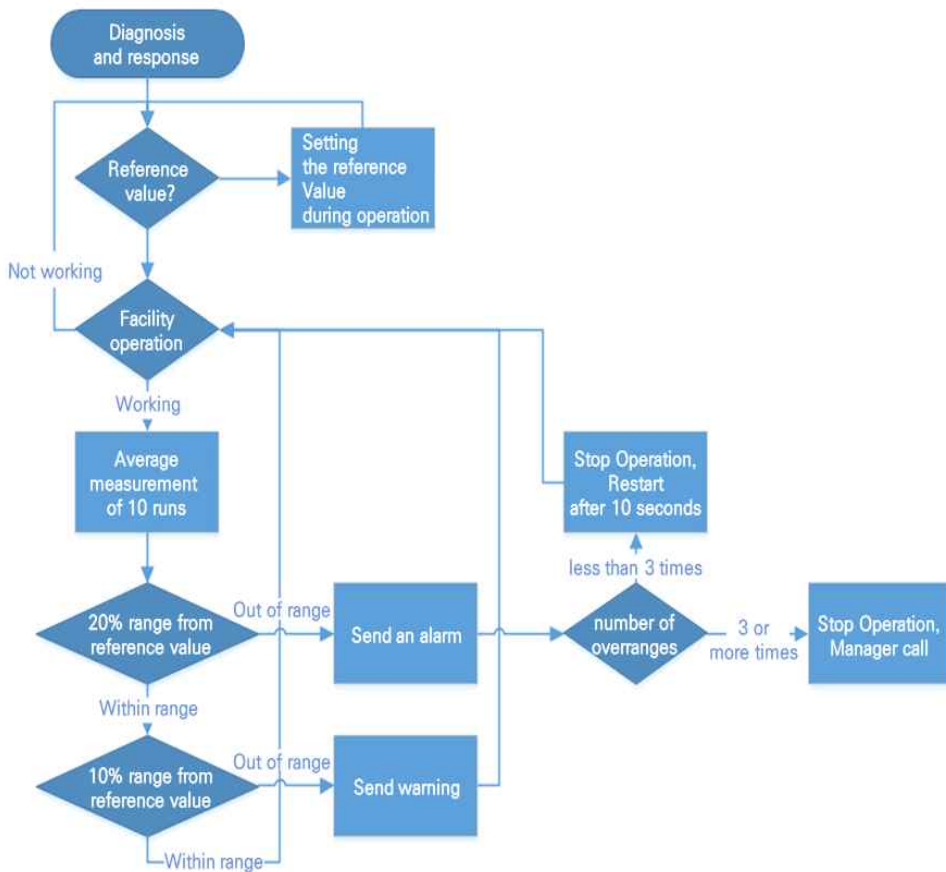


Fig. 3-72 Overload diagnosis and autonomous response flowchart



자율 대응을 위해 관리자는 운영 프로그램에서 해당 항목들을 설정한다. 설정단계는 5단계로, Fig. 3-73과 같이 프로그램 화면에서 “설정” 버튼을 클릭한다. Fig. 3-74와 같이 프로그램 화면에서 열림 수위, 닫힘 수위, 열림 값 범위, 닫힘 값 범위를 설정한다. Fig. 3-74와 같이 프로그램 화면에서 “측정 시작” 버튼을 클릭한다. 10초 후에 “측정정지” 버튼을 클릭하고 설정창에서 내수위, 진동, 소음, 온도, 전류의 가중치 값을 입력한다. Fig. 3-75와 같이 프로그램 화면에서 “설정저장”을 클릭한 후 “자동운전”을 클릭한다.



Fig. 3-73 Click the Settings button on the program screen



Fig. 3-74 Water level setting and measurement program screen



Fig. 3-75 Setting value input program screen



Fig. 3-76 Setting saving completion program screen

### 3. 자율운영관리 진동 측정 시스템

자동운전은 프로그램에서 설정된 수위값에 따라 수문이 자동운전 하는지 확인하기 위함이고, 시험절차는 프로그램에서 설정된 수위 값에 이상이 입력 될 때, 수문이 열리는 프로그램 화면 캡처였다. 자동으로 수문이 열릴 때, 내수위 디지털 입력 단자와 열림 디지털 입력 단자의 파형 측정하였다. 시험결과는 Fig. 3-78과 같으며, 설정된 수위값에 도달할 때 아날로그 입력 단자를 통해 아날로그 입력값이 수신되었으며, 디지털 입력 단자를 통해 개방됨을 확인할 수 있다.





Fig. 3-77 Program screen when water gate is opened

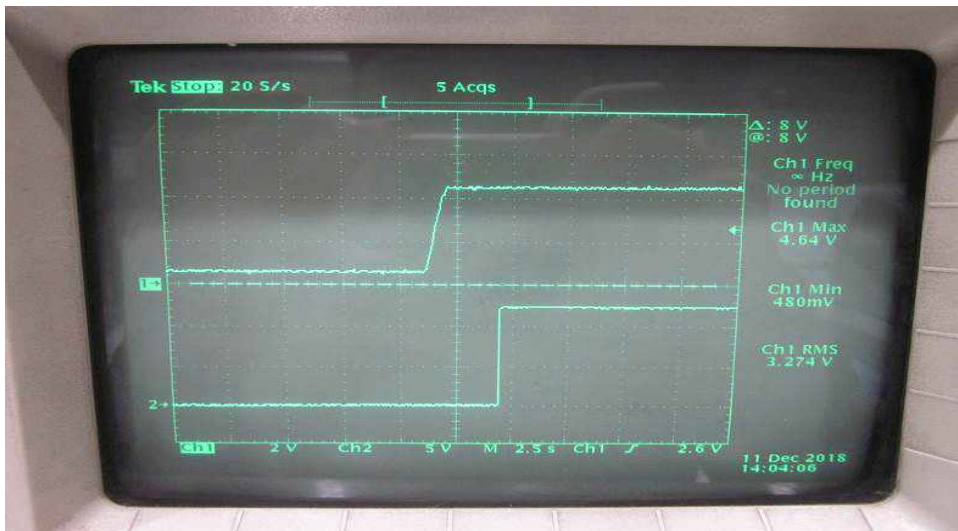


Fig. 3-78 Inland water level AI(upper) and open DI(lower) signal waveforms

수위값에 따른 시설물 자동운전 시 설정된 진동범위의 50% 도달 시 프로그램 화면의 진동 표시부가 녹색에서 황색으로 변경되어 알람을 발생하지

여부를 확인하기 위해 시험하였다. 시험절차는 수문 동작 중 모터에 진동이 발생하여 비상정지로 설정된 진동범위의 50% 값에 도달 시 프로그램 화면에 알람창이 호출될 때 자율운영 시스템의 진동 아날로그 입력 단자에서 오실로스코프로 파형 측정하였다. 프로그램 화면의 진동 표시부가 녹색에서 황색으로 변경되고 수문이 열리는 프로그램 화면을 캡처하였다. 시험결과는 Fig. 3-79와 같이 알람 포트를 통해 아날로그값이 입력됨을 확인하였고, Fig. 3-80과 같이 화면에 호출되는 것을 확인하였다.

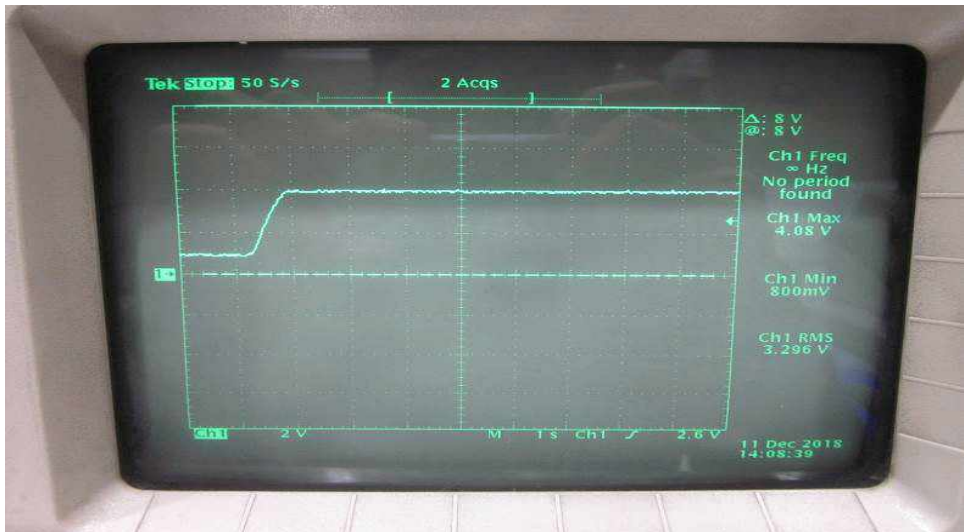


Fig. 3-79 Vibration AI terminal waveform(when reaching 1/2 of the vibration range)



Fig. 3-80 Change the color of the vibration display when the water gate is opened

설정된 진동범위를 초과하면 자동으로 수문을 정지하고 프로그램 화면의 진동표시부가 황색에서 적색으로 변경 여부를 확인하기 시험하였다. 시험절차는 모터에 설정된 진동 범위를 초과할 경우, 자율운영 시스템의 진동 아날로그 입력 단자에서 오실로스코프로 파형을 측정하고, 자율운영 시스템이 자동으로 수문을 정지할 때 자율운영 시스템의 열림 디지털 입력 신호의 파형을 측정한다. 프로그램 화면의 진동표시부가 황색에서 적색으로 변경되고 수문이 정지된 화면을 캡처하였다. 시험결과는 Fig. 3-81과 같이 알람 입력이 발생하고, 시간이 경과시 조치하지 않을때 강제적으로 수문 동작을 정지시키는 기능을 확인하였고, Fig. 3-82와 같이 진동표시부가 적색으로 표출되는 것을 확인하였다.



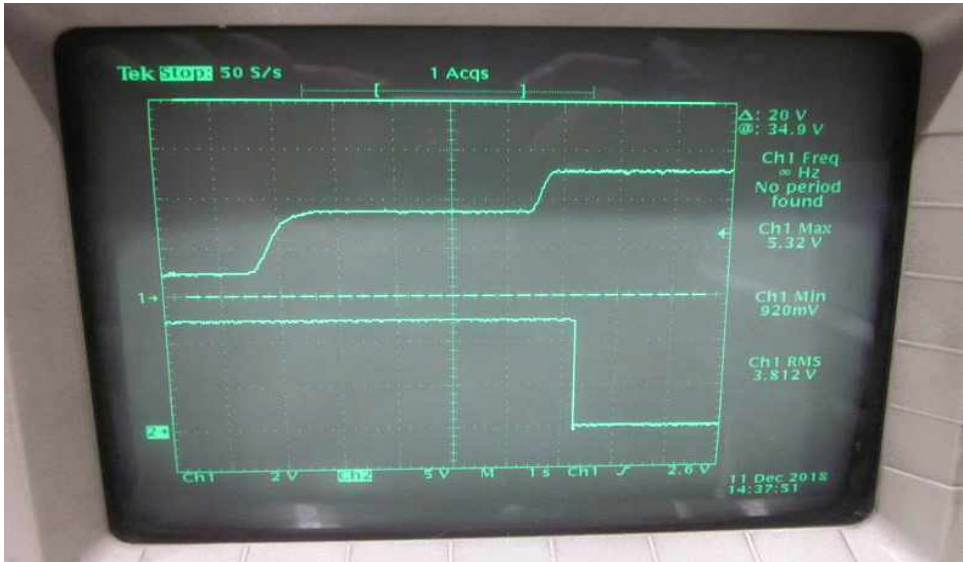


Fig. 3-81 Vibration AI terminal waveform(exceeding the vibration range), open DI signal waveform



Fig. 3-82 Change the color of the vibration display part of the program screen and stop the water gate

설정된 진동범위 이하로 내려가면 수위값에 따른 시설물 자동운전을 정상



적으로 수행하고 프로그램 화면의 진동표시부가 적색에서 녹색으로 변경되었다. 시험절차는 모터에 설정된 진동 범위 이하로 내려갈 경우, 자율운영 시스템의 진동 아날로그 입력 단자에서 오실로스코프로 파형을 측정하였고, 자율운영 시스템이 자동으로 다시 수문을 열 때 자율운영 시스템의 열림 디지털 입력 신호 파형 측정한다. 프로그램 화면의 진동표시부가 적색에서 녹색으로 변경되고 수문이 다시 열리는 프로그램 화면 캡처한다. 시험결과는 Fig. 3-84와 같이 진동 표시부가 적색에서 녹색으로 변경되고 Fig. 3-83과 같이 아날로그 입력 출력이 줄어들 때 디지털 입력으로 신호가 입력됨을 Fig. 3-84와 같이 확인할 수 있다.

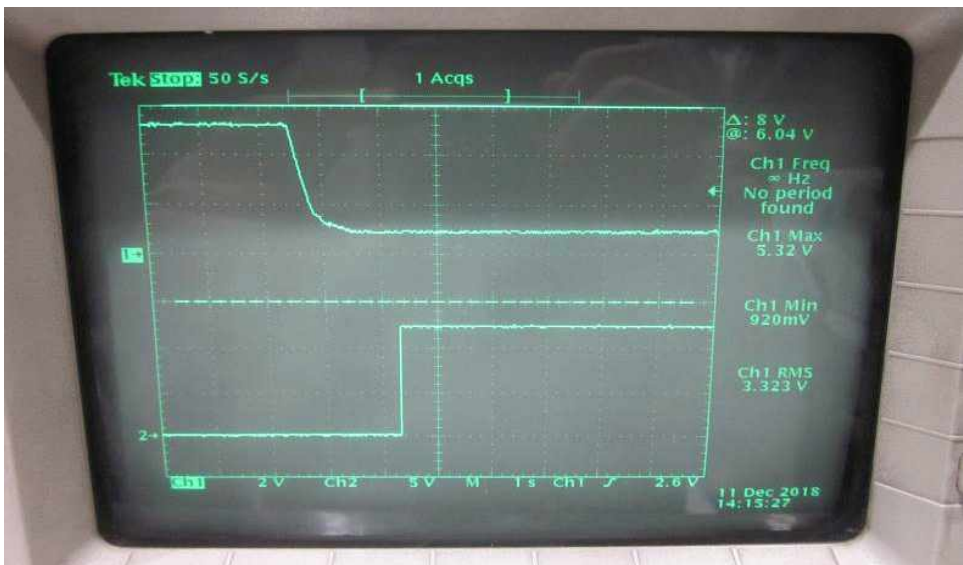


Fig. 3-83 Vibration AI terminal waveform(below the vibration range), water gate opening DI signal waveform



Fig. 3-84 Change the color of the vibration display when the water gate is opened

#### 4. 자율운영관리 소음 측정 시스템

본 시스템이 설정된 수위 값에 따라 수문이 자동운전하는지 여부를 확인하기 위해 자율운영 시스템의 시설물 동작 시 자율 대응부 소음 시험을 진행한다. 시험절차는 설정된 수위값 이상이 입력될 때, 수문이 열리는 프로그램 화면 캡처한다. 자동으로 수문이 열릴 때, 내수위 아날로그 입력 단자와 열림 디지털 입력 단자 파형을 측정한다. 시험결과는 Fig. 3-86과 같이 수위 아날로그 입력이 상승할 때 수문이 개방되었고, Fig. 3-85와 같이 수문을 개방하게 되며, Fig. 3-86과 같이 수문 개방 디지털 입력을 통해 감지되는 것을 확인하였다.



Fig. 3-85 Water gate open program screen

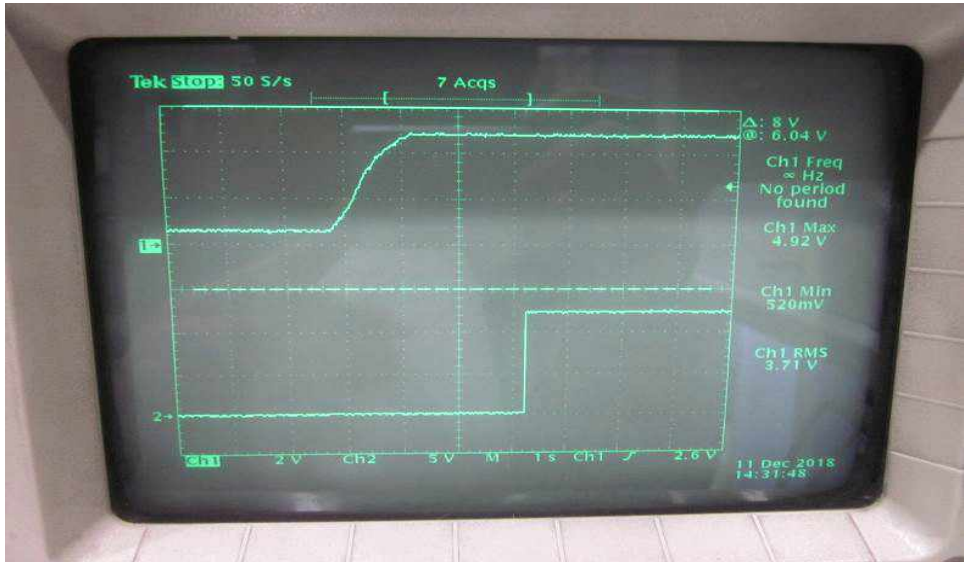


Fig. 3-86 Inland water level AI and water gate open DI signal waveform

수위값에 따른 시설물 자동운전 시 설정된 소음범위의 50% 도달 시 프로그램 화면의 소음표시부가 녹색에서 황색으로 변경되어 알람을 발생한다. 자율운영관리 소음 측정 시스템의 시험절차는 수문 동작 중 모터에 소음이 발생하여 비상정지로 설정한다. 그리고 소음범위의 50% 값에 도달 시 프로그램 화면에 알람창이 호출될 때 자율운영 시스템의 소음 아날로그 입력 단자에서 오실로스코프로 파형을 측정한다. 프로그램 화면의 소음표시부가 녹색에서 황색으로 변경되고 수문이 열리는 화면을 캡처한다.

자율운영관리 소음 측정 시스템시험결과는 Fig. 3-87과 같이 아날로그 입력 단자에 신호가 입력되면 Fig. 3-88과 같이 프로그램상에서 경보가 황색으로 변경되는 것을 확인하였다.



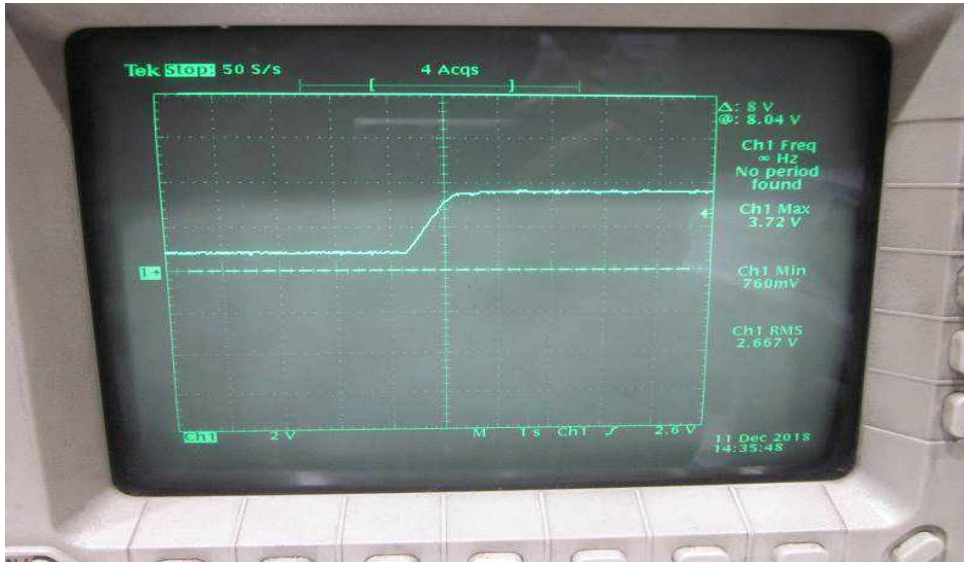


Fig. 3-87 Noise AI terminal waveform (when reaching 1/2 of the noise range)



Fig. 3-88 Change the color of the noise display on the program screen and the water gate open screen

자율운영 시스템의 프로그램의 설정된 소음범위를 초과하면 자동으로 수문

을 정지하고 프로그램 화면의 소음표시부가 황색에서 적색으로 변경된다. 시험절차는 모터에 설정된 소음 범위를 초과할 경우, 자율운영 시스템의 소음 아날로그 입력 단자에서 오실로스코프로 파형을 측정하고, 자율운영 시스템 자동으로 수문을 정지할 때 자율운영 시스템의 열림 디지털 입력 단자의 신호 파형 측정한다. 프로그램 화면의 소음표시부가 황색에서 적색으로 변경되고 수문이 정지된 프로그램 화면 캡처한다. 시험결과는 Fig. 3-89와 같이 소음 아날로그 입력 단자에 소음 값이 입력하고, 일정 시간이 지나도 조치가 이뤄지지 않을 때 Fig. 3-90과 같이 적색으로 변하고, 프로그램에서 수문 동작을 정지시킨다. Fig. 3-89의 디지털 입력 단자의 신호가 없어지는 것을 통해 수문 동작이 정지된 것을 확인하였다.

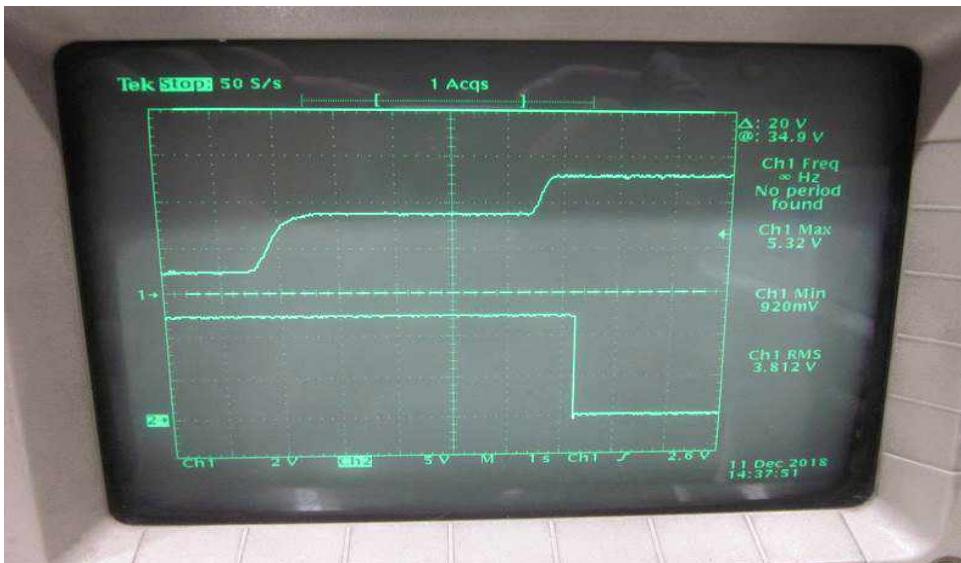


Fig. 3-89 Noise AI terminal waveform(over noise range), open DI terminal signal waveform



Fig. 3-90 Change the color of the noise display on the program screen and stop the water gate

설정된 소음범위 이하로 내려가면 수위값에 따른 시설물 자동운전을 정상적으로 수행하고 프로그램 화면의 소음표시부가 적색에서 녹색으로 변경된다. 시험절차는 모터에서 설정된 소음 범위 이하로 내려갈 경우, 자율운영 시스템의 소음 아날로그 입력 단자에서 오실로스코프로 파형을 측정하고, 자율운영 시스템이 자동으로 다시 수문을 열 때 자율운영 시스템의 열림 디지털 입력 단자의 신호 파형을 측정한다. 프로그램 화면의 소음표시부가 적색에서 녹색으로 변경되고 수문이 다시 열리는 프로그램 화면 캡처한다. 시험결과는 Fig. 3-91과 같이 소음 아날로그 입력값이 감소하면 Fig. 3-92의 프로그램상에서 소음 부분이 녹색으로 변경되고, 수문이 다시 동작하면서 Fig. 3-91과 같이 수문 동작 디지털 신호가 감지됨을 확인하였다.



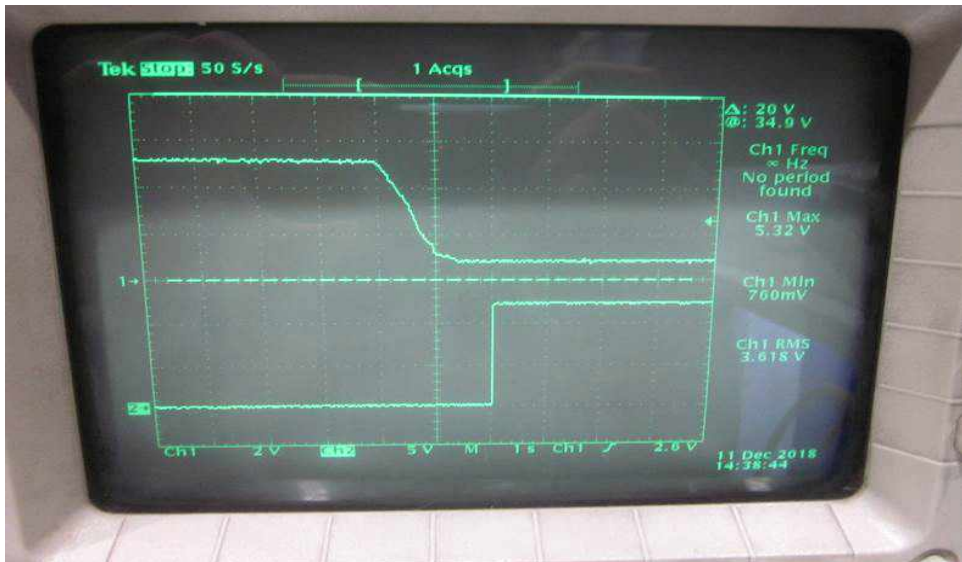


Fig. 3-91 Noise AI terminal waveform(below the noise range), water gate open DI terminal signal waveform



Fig. 3-92 Change the color of the noise display on the program screen and the water gate open screen



## 5. 자율운영관리 전류 측정 시스템

자율운영 시스템이 설정된 수위값에 따라 수문이 자동운전되는 것을 확인하기 위해 시설물 동작 시 자율대응부 전류 시험을 진행하였다. 시험절차는 설정된 수위값 미만으로 입력될 때, 수문이 닫히는 프로그램 화면을 캡처한다. 자동으로 수문이 닫힐 때, 내수위 아날로그 입력 단자와 닫힘 디지털 입력 단자의 파형 측정 시험결과는 Fig. 3-94와 같다. 수위 아날로그 입력값이 감소하였을 때 Fig. 3-93의 제어 프로그램에서 수위 감소를 감지하여 수문을 닫도록 명령을 송신하고, 자율운영 시스템가 수문을 제어하여 수문을 닫는다. Fig. 3-94와 같이 자율운영 시스템의 프로그램에서 수문이 닫힌 신호를 확인할 수 있다.



Fig. 3-93 Water gate closing program screen

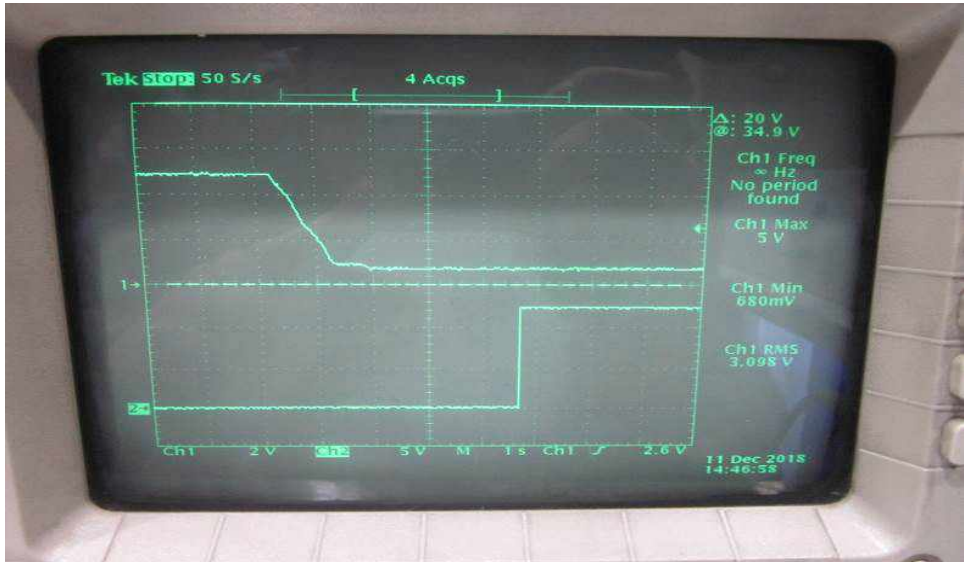


Fig. 3-94 Water level AI and water gate closed DI terminal signal waveforms

수위값에 따른 시설물 자동운전 시 수문이 닫히는 도중 이물질이 끼여 닫히지 않을 경우 설정된 전류값 이상의 전류값이 감지되면 자동으로 수문을 정지한다. 시험절차는 수문닫힘 중 설정된 전류범위를 초과하여 자율운영 시스템이 자동으로 수문을 정지할 때, 오실로스코프로 자율운영 시스템의 전류 아날로그 입력 단자와 닫힘 디지털 입력 신호 파형을 측정하는 것이다. 설정된 전류값을 초과하여 수문이 정지된 프로그램 화면 캡처한다. 자율운영관리 전류 측정 시스템의 시험결과는 Fig. 3-95와 같이 이물질이 끼여 모터의 전류값이 상승하게 되면 수문의 동작을 정지시키고, Fig. 3-96과 같이 수문이 정지됨을 프로그램에 표출되는 것으로 나타난다.

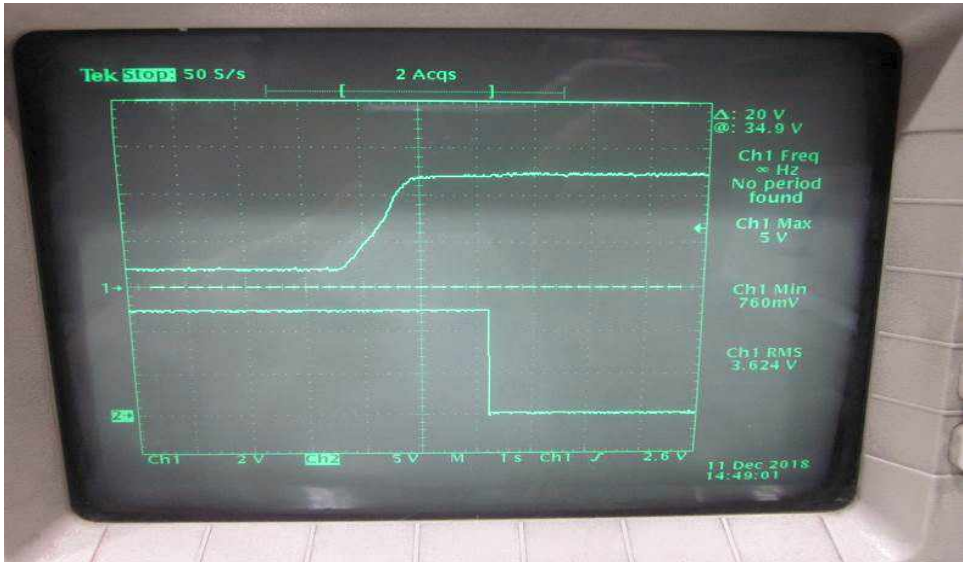


Fig. 3-95 Current AI terminal waveform(over current value), water gate close DI terminal signal waveform



Fig. 3-96 Program screen where the sluice gate is stopped by exceeding the set current value

수문의 이물질 제거를 위해 자동으로 수문을 다시 열고 수문을 정지한다.



시험절차는 자율운영 시스템이 수문의 이물질 제거를 위해 다시 자동으로 수문을 열 때 열림 디지털 입력 신호 파형 측정한다. 프로그램 화면 캡처한다. 자율운영 시스템이 자동으로 수문을 정지할 때 열림 디지털 입력 신호 파형 측정한다. 프로그램 화면 캡처한다. 시험결과는 Fig. 3-97과 같다.

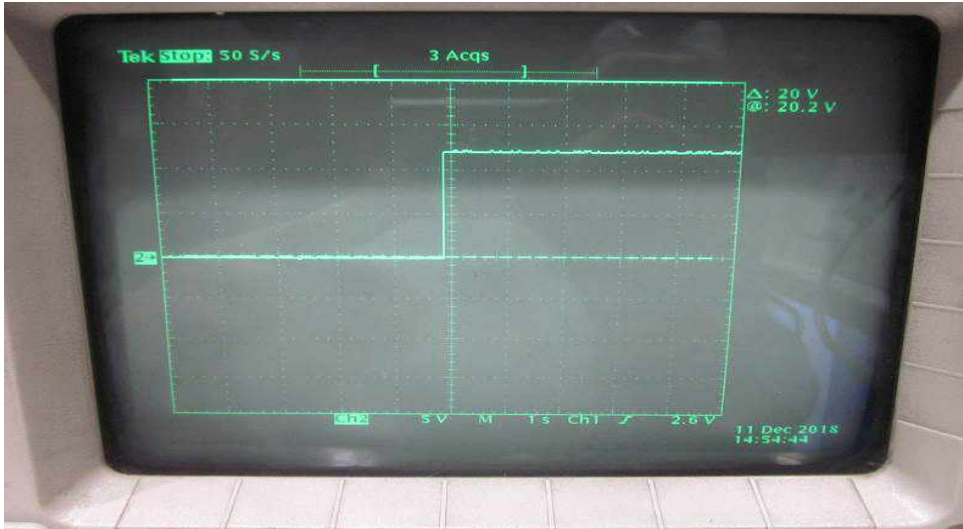


Fig. 3-97 Open when the water gate is opened DI terminal signal waveform



Fig. 3-98 Program screen when water gate is opened

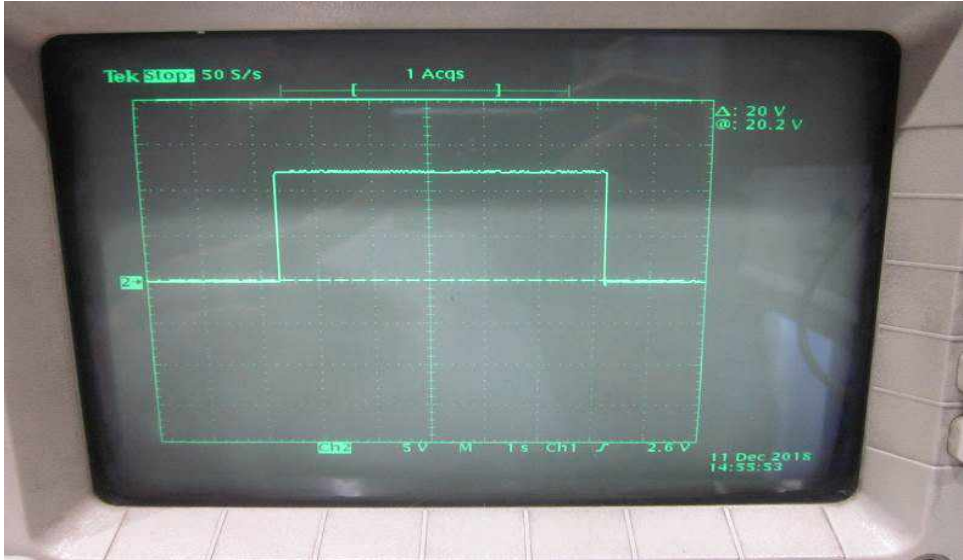


Fig. 3-99 Water gate open DI terminal signal waveform when the gate is stopped



Fig. 3-100 Program screen when the water gate is stopped

프로그램 화면의 전류표시부가 녹색에서 적색으로 변경된 화면 표출되는지 여

부를 확인하고자 한다. 시험절차는 프로그램 화면의 전류표시부가 녹색에서 적색으로 변경된 화면을 캡처한다. 수문 하단에 이물질이 끼여 닫히지 않는 경우, 자율운영 시스템은 자동으로 2~3회 수문을 동작하여 이물질을 제거하는 동작을 확인하였고, 시험결과는 Fig. 3-101과 같이 프로그램 화면의 전류표시부의 변화를 확인하였다.



Fig. 3-101 Program screen when changing color of current display

### 제 3 절 통신두절 시 대응 실험 및 분석

#### 1. 통신두절 시 데이터 관리운영 분석

인력이 원격에서 관리하는 원격감시계측제어시스템의 경우 통신두절 발생 시 원격에서 처리할 수 없어 현장을 직접 방문하여 처리해야 함으로 집중호우시 골든타임 내에 시설물을 동작시킬 수 없었다. 하지만 본 연구에서는 통신 상태를 자가 감지하여 두절시 통신전원부를 자동리셋하거나 시스템이 자율 운전한다. 그리고 두절된 시간동안 발생한 현장데이터는 현장 자율운영 시스템에 저장하여 통신이 재개되면 중앙관리소로 전송하여 데이터를 자동복구한다. 관리자는 통신두절 상황에 대한 불안감이 해소되고, 시스템의 신뢰성을 확보할 수 있다. Table 3-3의 내용과 같이 기존 원격계측감시 시스템과 물관리 자율운영 시스템을 비교하여 통신 두절 시 기존기술과 연구개발 기술을 분석하고, 이를 극복하기 위한 시스템 설계에 반영한다.

Table 3-3 Comparison of response technology in case of communication loss

기존 원격계측감시제어시스템	물관리 자율운영 제어시스템
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 통신두절시 관리자는 현장의 수위 변화와 수문 개도율을 알 수가 없고 원격 제어를 할 수 없다.</li> <li>○ 관리자는 집중호우를 뚫고 현장에 방문하여 처리해야 한다.</li> <li>○ 한정된 인력으로 동시다발적으로 여러 현장에서 발생하는 통신두절 상황에 신속한 대응을 할 수 없어 재해 발생으로 인한 피해를 입게 된다.</li> <li>○ 통신두절시 데이터를 전송받을 수 없어 데이터가 손실된다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 통신이 두절된 상황에서도 현장시스템은 수위 변화와 수문 개도율을 파악한다.</li> <li>○ 시스템은 스스로 통신상태를 확인하고 통신이 두절되면 무인 제어로 사전에 관리자에 의해 재난재해 시나리오에 따라 설정된 동작을 수행하고 자체 데이터를 저장함으로 방문시간 및 비용을 절감한다.</li> <li>○ 통신이 재개되면 관리자에게 알리고 자체 데이터는 중앙시스템의 데이터베이스로 전송, 자동 복구한다.</li> </ul>



## 2. 통신두절 시 데이터 자동저장부

통신두절 감지에 따라 자율운영 시스템이 Fig. 3-102와 같이 동작이 가능해야 한다. NAND 메모리와 매칭된 원형메시지 큐 생성하고, 설정된 주기로 입출력(I/O)을 통해 데이터 수집하여야 한다. 데이터 포맷 구성(Date, Time, Raw Data)을 규정하고, 생성된 원형메시지 큐로 전송하여 데이터를 저장하여야 한다. 데이터 자동저장에 대한 플로우 차트는 Fig. 3-102와 같다.

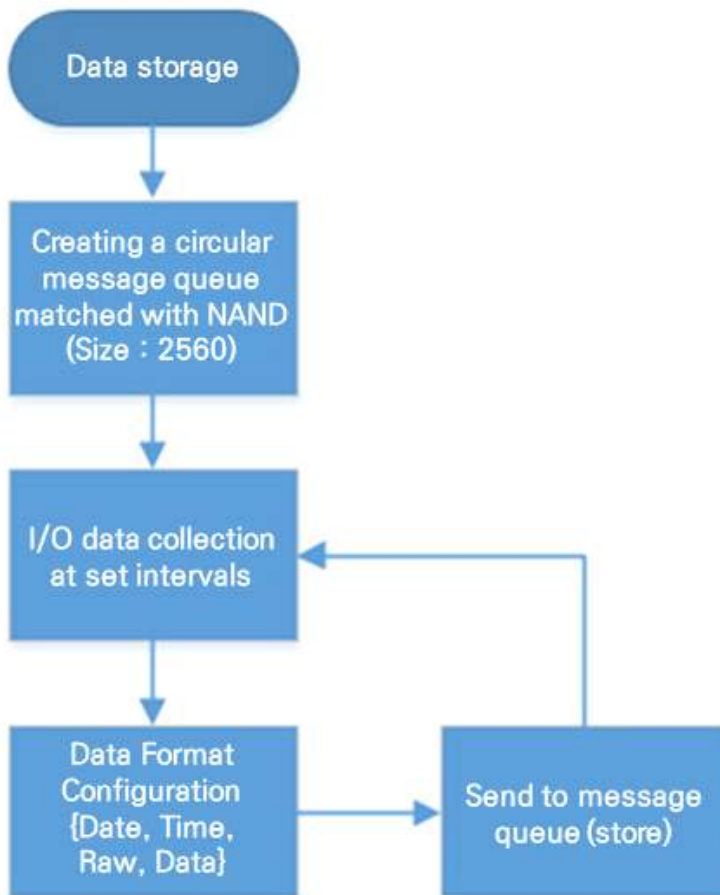


Fig. 3-102 Flowchart of data storage in case of communication loss



시험을 통해 자율운영 시스템이 통신 두절 시 데이터 저장 여부를 확인하고자 한다. 통신 두절 시 자율운영 시스템 내 데이터 저장 메모리에 데이터가 저장되어야 한다. 시험절차는 통신두절 상태의 프로그램 화면 캡처한 후 데이터가 전송되어 오지 않는 데이터베이스(MS-SQL) 로그 화면 캡처한다. 자율운영 시스템 내 메모리에 데이터가 저장되는 프로그램 화면 (Debug Tool)을 캡처한다. 시험결과는 Fig. 3-103과 같이 통신이 두절되면 데이터 베이스에서는 데이터가 전송되지 않고, Fig. 3-104와 같이 자율운영 시스템 내의 메모리에 데이터가 저장되는 것을 확인하였다.



Fig. 3-103 Communication loss status program screen

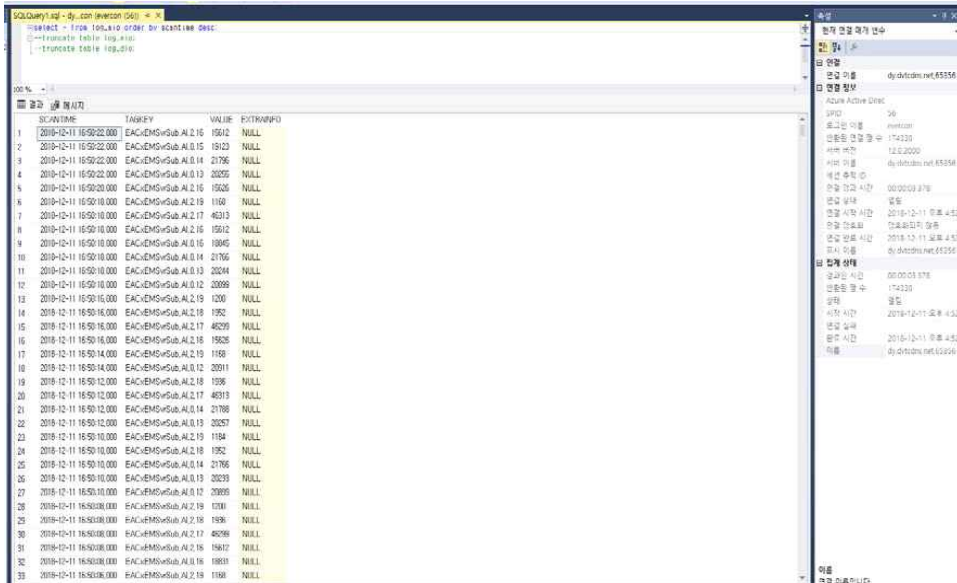


Fig. 3-104 Database log program screen

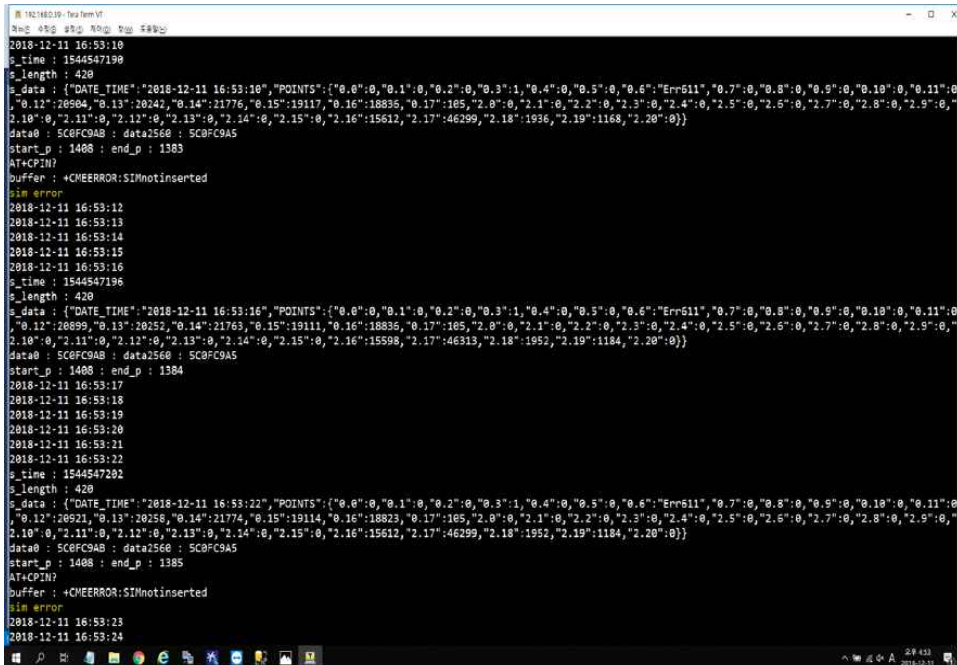


Fig. 3-105 In-memory data storage confirmation program(Debug Tool) screen

### 3. 통신재개 시 데이터 자동전송부

자율운영 시스템의 통신 재개 시 감지하여 프로세스 동작시키기 위한 기능과 데이터베이스 서버로 부터 데이터 요청 수신 유무를 확인한다. 그리고 데이터 요청이 있을 경우 큐에서 요청시간을 검색하는 기능과 요청 시간 이후 데이터 포맷을 구성하고 데이터를 압축하여 전송하는 기능을 포함한다. 통신 재개시 데이터전송 플로우차트는 Fig.3-106과 같다.

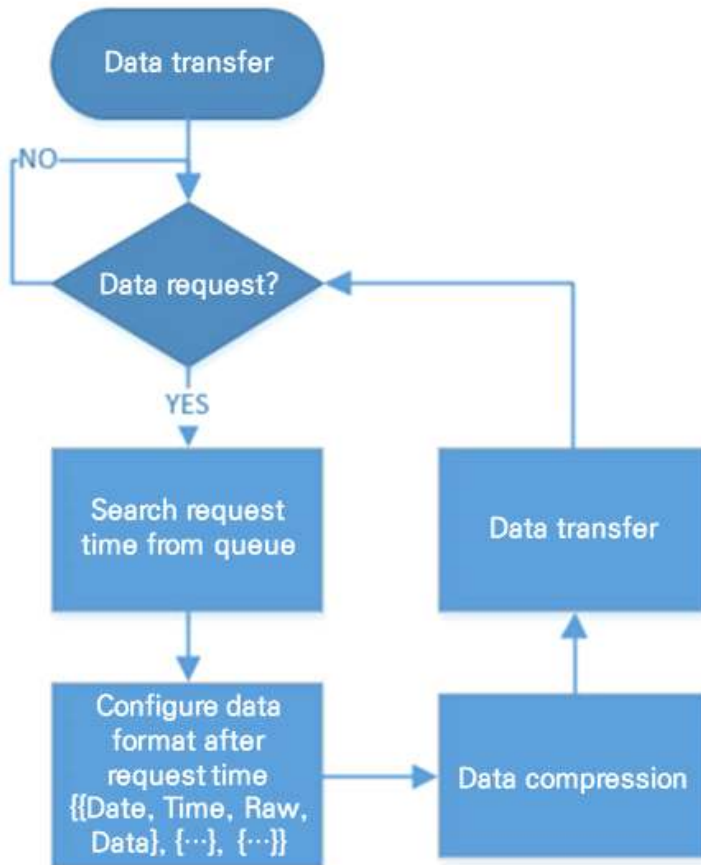


Fig. 3-106 Communication restart data transfer flow chart

통신 재개 시 데이터 전송에 대한 정확도를 시험한다. 시험목표는 통신 재개 시 자율운영 시스템 내 메모리에 저장된 데이터가 사물인터넷(IoT) 통신망을 통해 데이터베이스 서버로 전송되어야 한다. 시험절차는 사물인터넷(IoT) 통신모듈에서 USIM 칩을 삽입하여 통신을 재개를 시키고, 정상 통신 상태의 프로그램 화면 캡처한다. 통신 두절 시 자율운영 시스템 내 메모리에 저장된 데이터가 전송되어 기록되는 데이터베이스 (MS-SQL) 로그 화면 캡처한다. 시험결과는 Fig. 3-107과 같이 통신이 재개 되었을 때 자율운영 시스템 데이터를 전송하게 되고, Fig. 3-108과 같이 데이터 서버에 데이터를 전송하는 것을 확인하였다.



Fig. 3-107 Normal communication status program screen

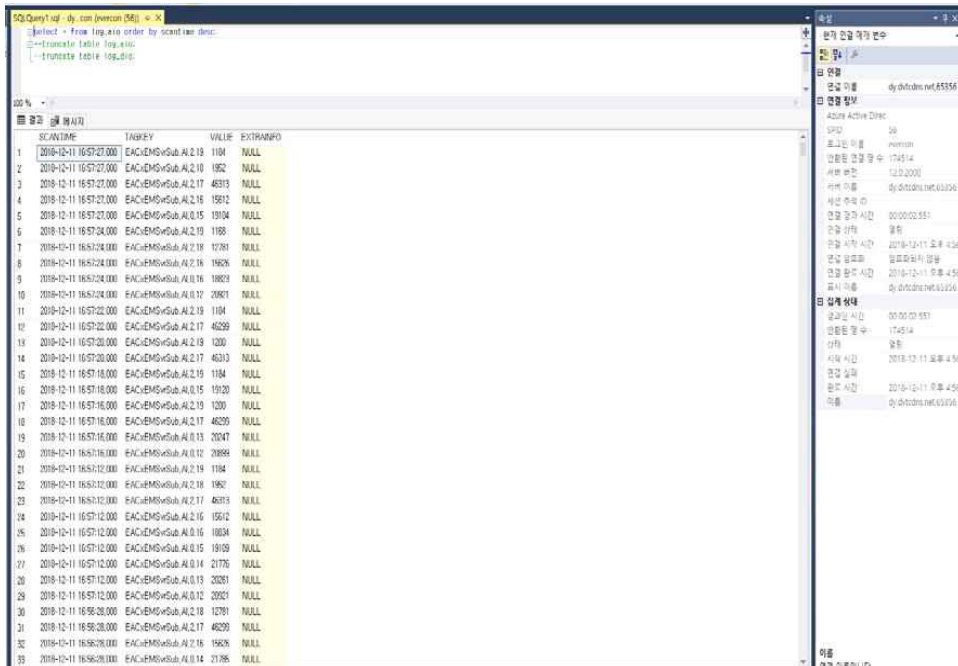


Fig. 3-108 Database log program screen

#### 4. 통신재개 시 데이터 자동복구부

자율운영 시스템의 통신두절 시간을 서버에 저장하고, 통신이 재개시 저장된 통신두절 시간을 서버로부터 장치로 전달한다. 장치로부터 누적된 데이터가 서버로 전송되면 데이터를 시간별로 분리한다. 서버는 분리한 데이터 중 연속된 시간 중에 계속되는 동일한 값은 삭제하여 입력 데이터 크기를 줄인다. 정제된 데이터를 데이터베이스 쿼리문 형태로 가공한다. 쿼리문을 사용하여 데이터베이스에 입력한다. 통신재개시 데이터 자동복구 플로우차트는 Fig. 3-109와 같다.

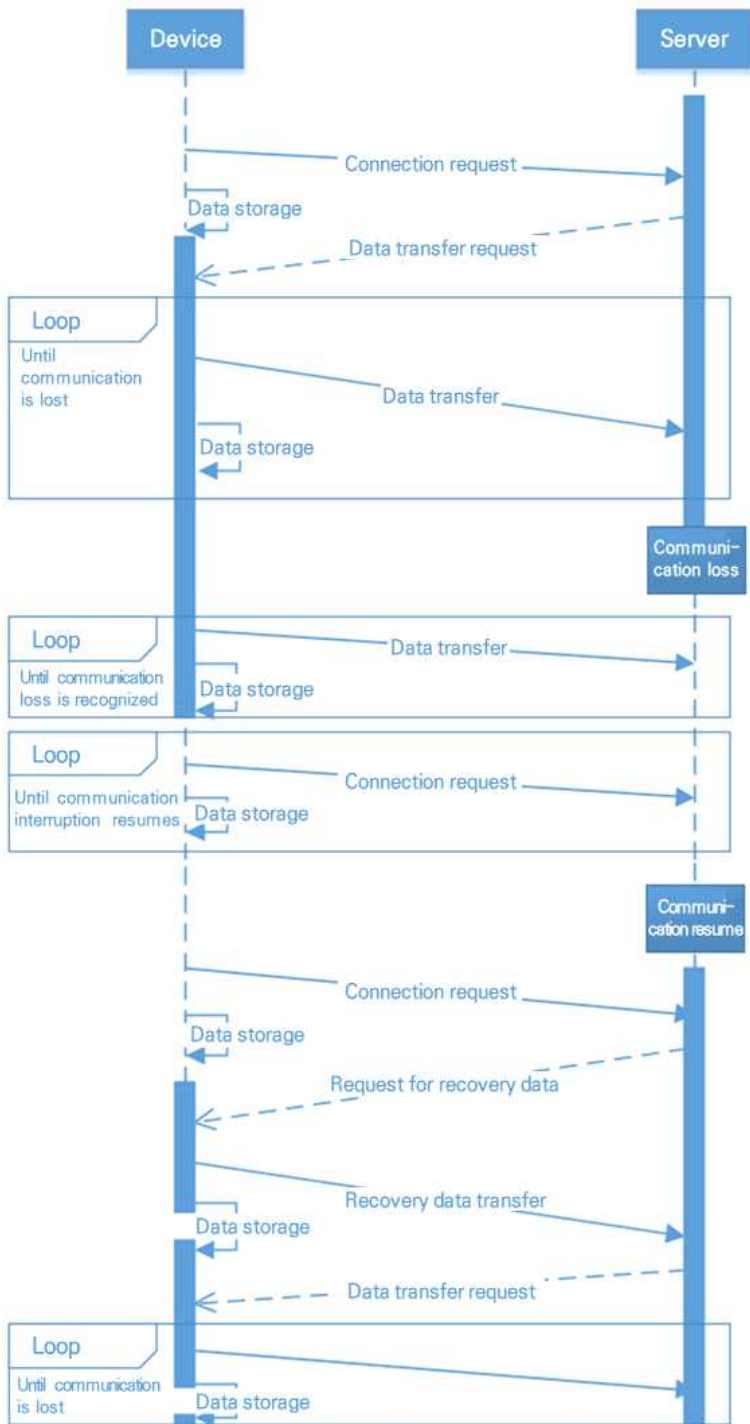


Fig. 3-109 Data automatic recovery flow chart when communication resumes



자율운영 시스템의 데이터 누락 허용 주기를 60초로 하여 통신 여부를 확인하고자 한다. 통신두절 시 누락된 데이터베이스 내 데이터가 통신이 재개되면 자동으로 복구되어야 한다. (단, 데이터 누락 허용 주기는 최대 60초 이내) 시험절차는 사물인터넷(IoT) 통신모듈에서 USIM 칩을 3시간 동안 제거한 후 다시 삽입한다. 통신두절 시 누락된 데이터가 데이터 누락 허용 주기는 최대 60초 이내로 데이터베이스(MS-SQL) 로그에 복구되는지 확인한다. 시험결과는 Fig. 3-110과 같이 USIM을 제거한 후 Fig. 3-111과 같이 소실됨을 확인하였으며, Fig. 3-112와 같이 3시간동안 데이터가 소실됨을 확인하였으며 통신재개 후 Fig. 3-113과 같이 데이터가 전송되어 데이터베이스가 복구됨을 확인하였다.



Fig. 3-110 Time elapsed from USIM chip removal to reinsertion(3 hours)



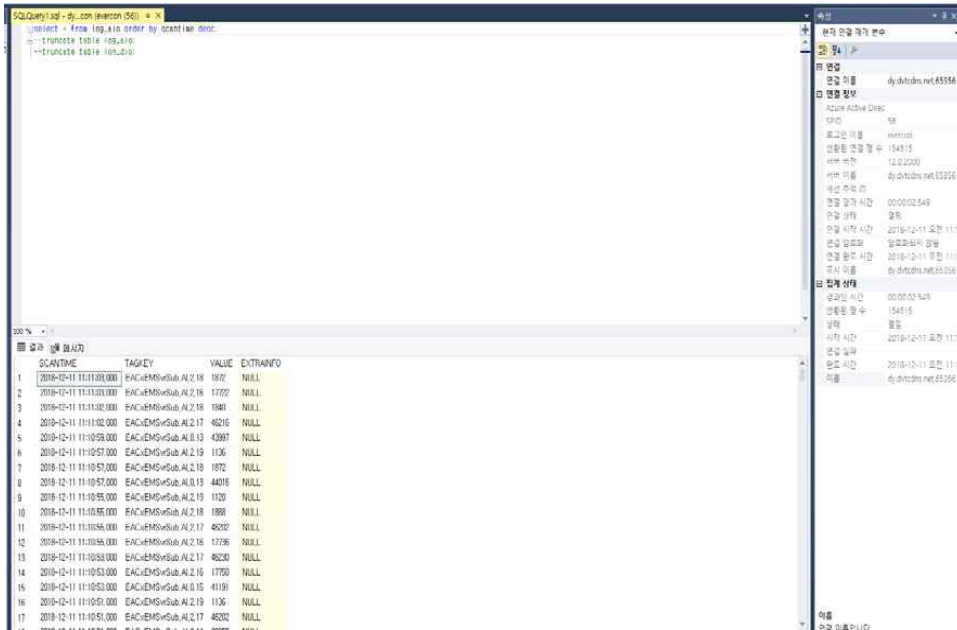


Fig. 3-111 Database (MS-SQL) log screen when USIM chip is removed

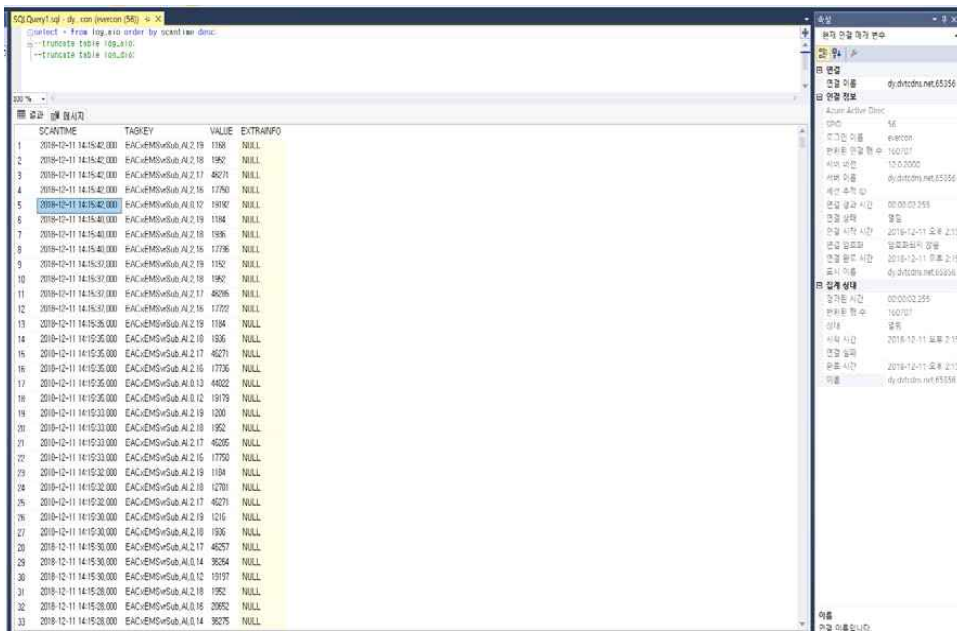
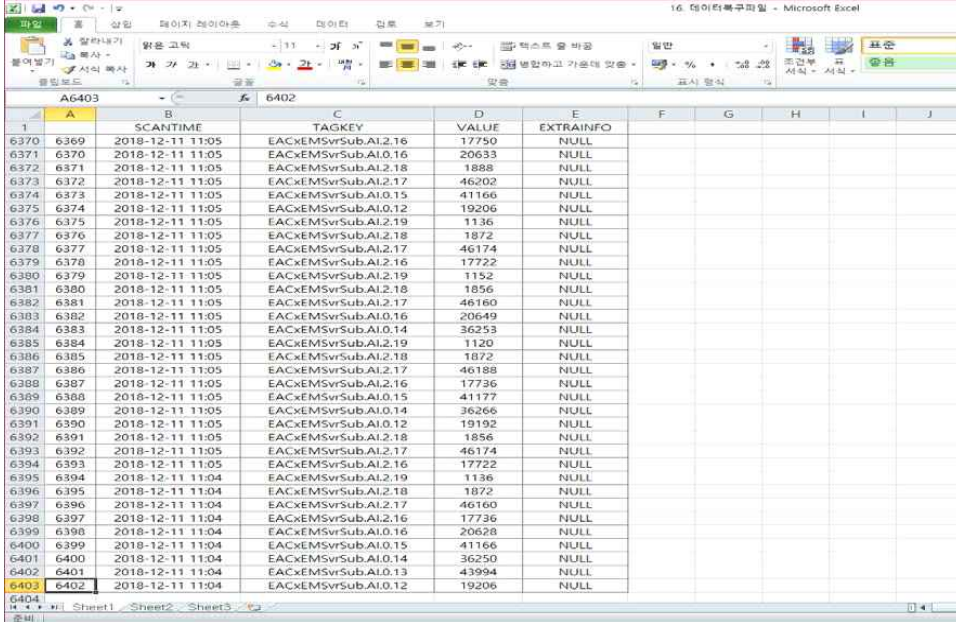


Fig. 3-112 Database log screen with data lost for 3 hours



1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		SCANTIME	TAGKEY	VALUE	EXTRAINFO					
6370	6369	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.16	17750	NULL					
6371	6370	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.0.16	20633	NULL					
6372	6371	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.18	1888	NULL					
6373	6372	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.17	46202	NULL					
6374	6373	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.0.15	41166	NULL					
6375	6374	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.0.12	19206	NULL					
6376	6375	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.19	1136	NULL					
6377	6376	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.18	1872	NULL					
6378	6377	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.17	46174	NULL					
6379	6378	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.16	17722	NULL					
6380	6379	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.19	1152	NULL					
6381	6380	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.18	1856	NULL					
6382	6381	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.17	46160	NULL					
6383	6382	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.0.16	20649	NULL					
6384	6383	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.0.14	36253	NULL					
6385	6384	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.19	1120	NULL					
6386	6385	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.18	1872	NULL					
6387	6386	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.17	46188	NULL					
6388	6387	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.16	17736	NULL					
6389	6388	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.0.15	41177	NULL					
6390	6389	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.0.14	36266	NULL					
6391	6390	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.0.12	19192	NULL					
6392	6391	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.18	1856	NULL					
6393	6392	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.17	46174	NULL					
6394	6393	2018-12-11 11:05	EACxEMSVrSub.AI.2.16	17722	NULL					
6395	6394	2018-12-11 11:04	EACxEMSVrSub.AI.2.19	1136	NULL					
6396	6395	2018-12-11 11:04	EACxEMSVrSub.AI.2.18	1872	NULL					
6397	6396	2018-12-11 11:04	EACxEMSVrSub.AI.2.17	46160	NULL					
6398	6397	2018-12-11 11:04	EACxEMSVrSub.AI.2.16	17736	NULL					
6399	6398	2018-12-11 11:04	EACxEMSVrSub.AI.0.16	20628	NULL					
6400	6399	2018-12-11 11:04	EACxEMSVrSub.AI.0.15	41166	NULL					
6401	6400	2018-12-11 11:04	EACxEMSVrSub.AI.0.14	36250	NULL					
6402	6401	2018-12-11 11:04	EACxEMSVrSub.AI.0.13	43994	NULL					
6403	6402	2018-12-11 11:04	EACxEMSVrSub.AI.0.12	19206	NULL					
6404										

Fig. 3-113 Database log excel file extraction screen with data lost for 3 hours (Confirmed that data is recovered within 60 seconds of tolerance period for missing data)

## 제 4 절 온도와 습도에 대한 동작 실험 및 분석

### 1. 자율운영 시스템 온도 실험 및 결과검토

기존제품인 PLC(Programmable Logic Controller)는 가전용으로 동작온도가 0~55℃로 수리시설물이 운영되는 열악한 현장 온도환경(-20~85℃)에서 잦은 고장이 발생하는 문제점을 개선하여 자율운영 시스템을 제작하였다.

시험 방법은 KS C IEC 60068-2-14: 2014 규격을 따른다. 시험 온도는 (-20 ~ 85) °C ± 2 °C 범위이다. 시험 시간은 총 21시간 동안 진행하며, 시험은 2회 반복한다. 점검 타이밍은 시험 전, 중, 후로 3번 점검한다. 평가 항목은 육안점검(변형, 변색)와 성능검사를 수행한다. 시험 프로파일은 FIg. 3-114와 같다.

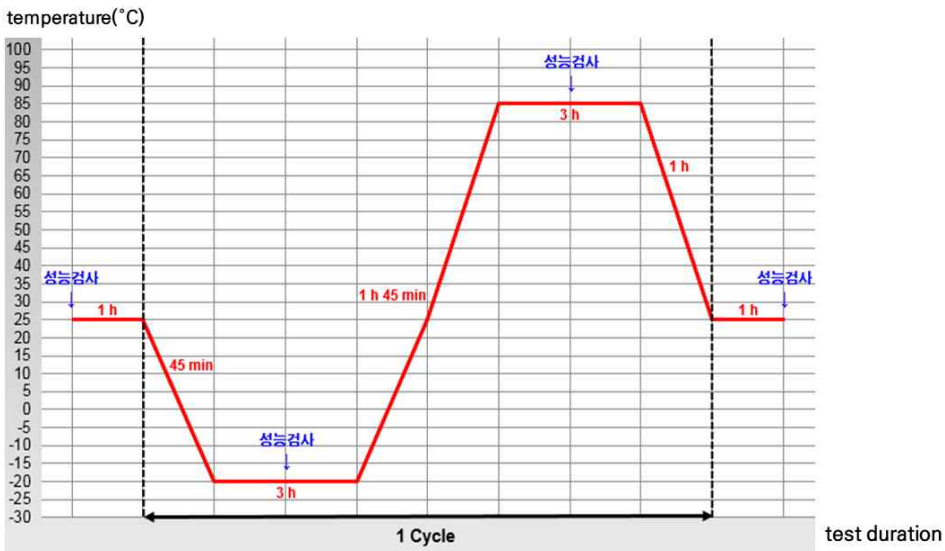


Fig. 3-114 Operating Temperature Test Profile

시험 전 육안 자율운영 시스템의 외관 점검 및 성능 검사를 실시한다. 자율운영 시스템을 온도 챔버에 넣고 시험 프로파일에 따라 시험을 진행한다. 이후의 시험과정은 시험 중 점검타이밍에 맞춰 성능 검사를 실시한다. 시험 후 육안 외관 및 성능 검사를 실시한다. 자율운영 시스템의 온도 실험 결과는 Table 3-4와 같은 온도변화에도 정상 동작함을 확인하였다.

Table 3-4 Test results for each test item of operating temperature

시험항목	시험결과
육안 외관검사를 통해 외형의 변형, 변색 유무 확인하였다.	이상없음
성능 검사 : 네트워크 연결 후 DO 채널 on/off 정상동작 확인하였고, DO 채널 LED 점등을 확인하였다. 확인	이상없음

온도 챔버 내부 온도변화 그래프는 Fig. 3-115와 같다.

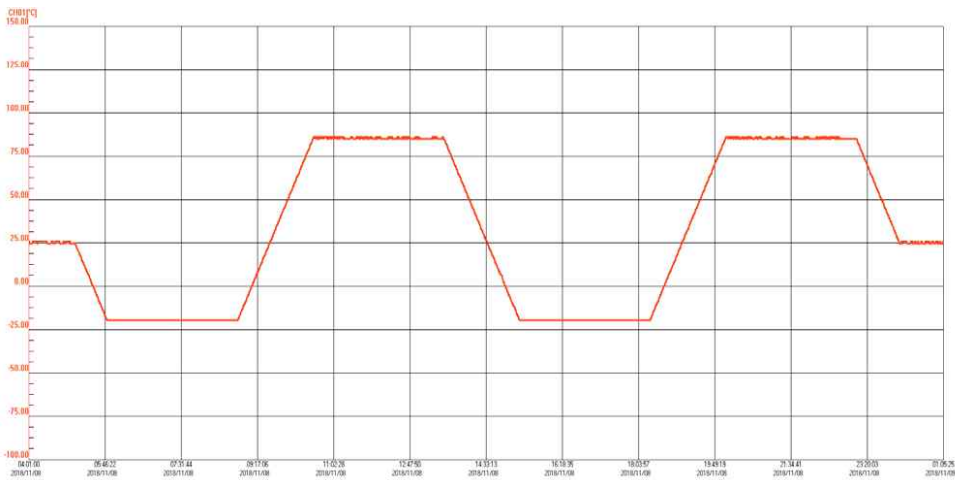


Fig. 3-115 Temperature chamber internal temperature change graph(-20 ~ 85°C)

Fig. 3-116과 같이 챔버에서 Fig. 3-117과 같이 온도시험을 한다.

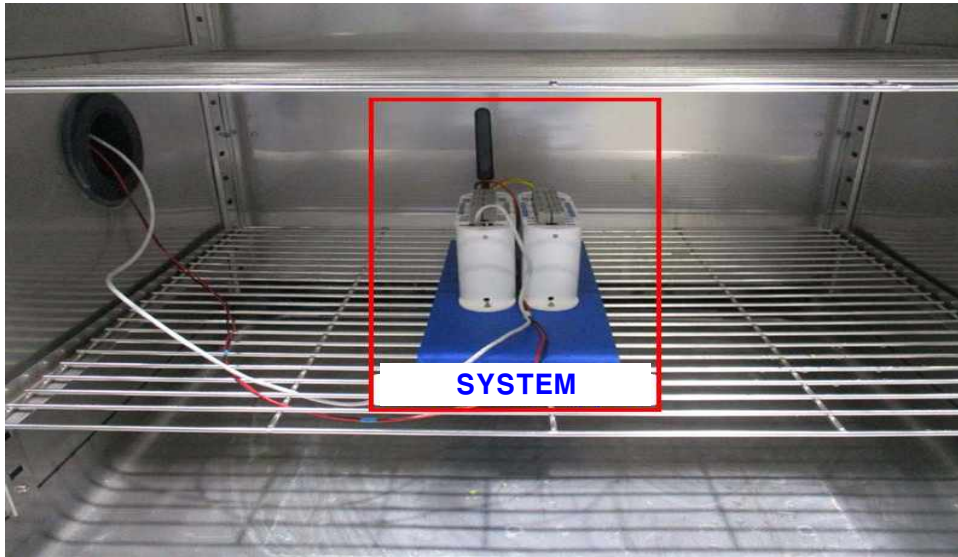


Fig. 3-116 A photo of the prototype before the test in the temperature chamber

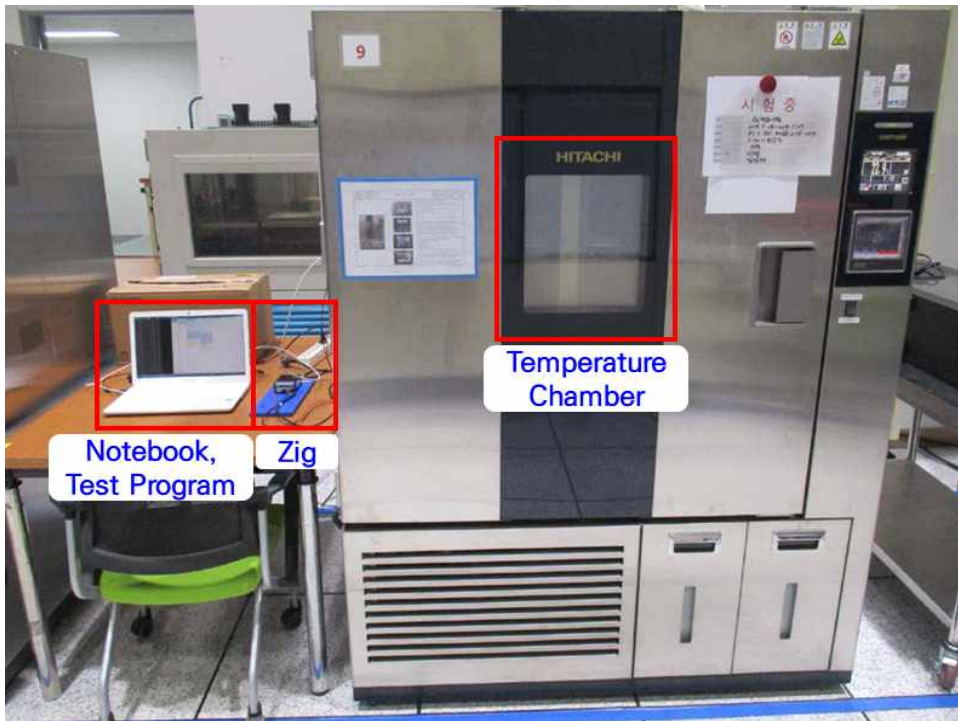


Fig. 3-117 Photo during temperature chamber test

온도 변화에 따른 동작 시험 전에 자율운영 시스템의 상태는 Fig. 3-118과 같이 입출력 포트를 초기화 하였으며, Fig. 119와 같이 초기화 상태를 확인하였다.

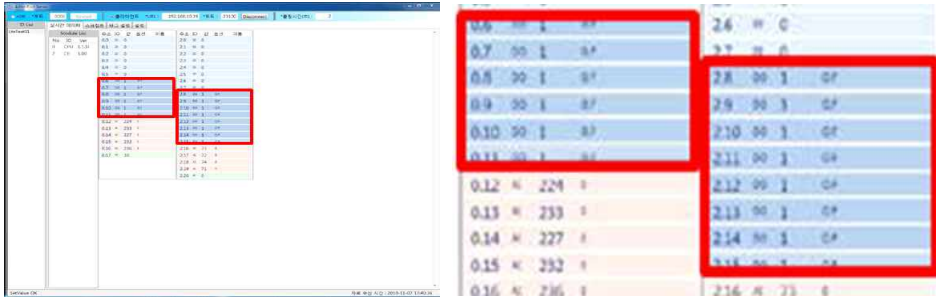


Fig. 3-118 Check DO value of 1 before test

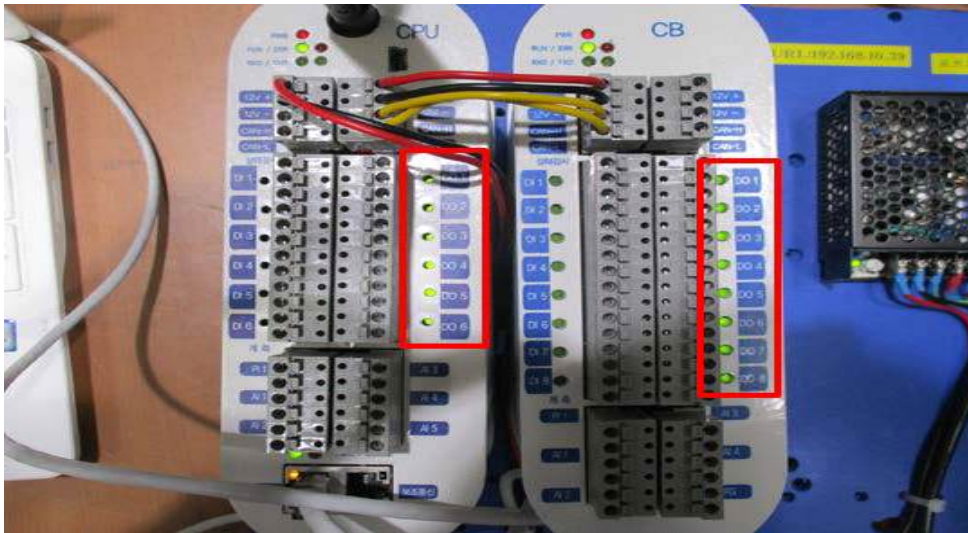


Fig. 3-119 Check DO LED lighting before test

온도 변화에 따른 동작 시험 중 Fig. 3-120과 같이 자율운영 시스템에 입력값을 주고, Fig. 3-121과 같이 LED 점등 상태를 확인하였다.



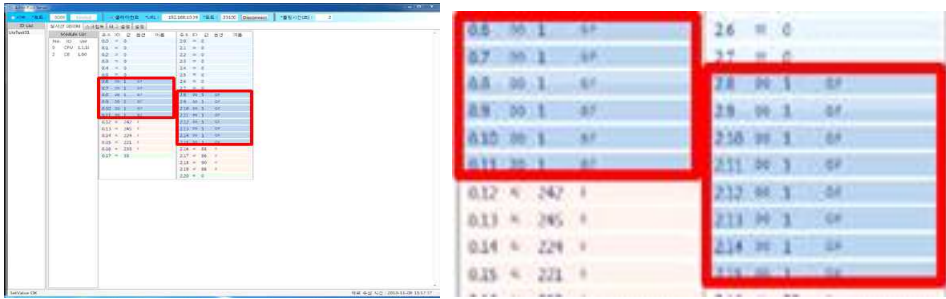


Fig. 3-120 Check DO value 1 during test

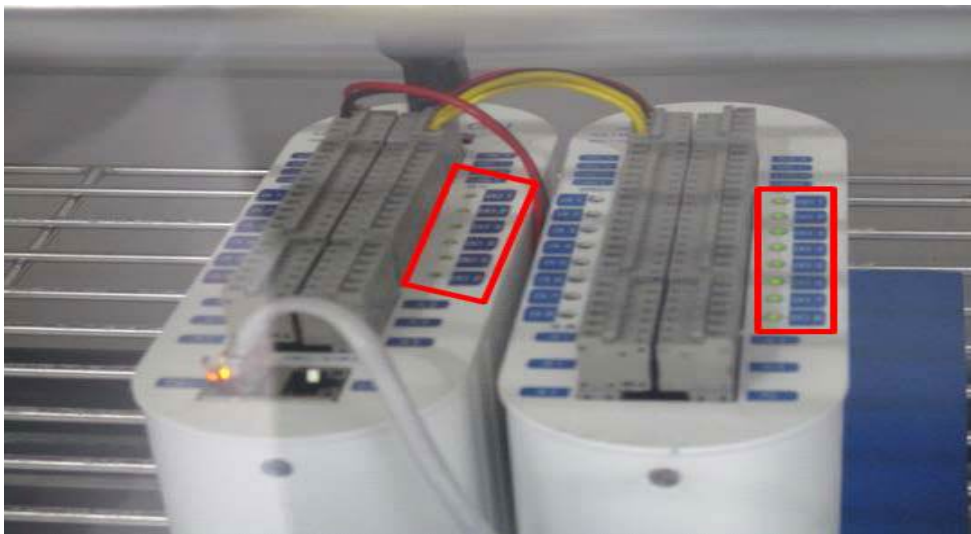


Fig. 3-121 Check DO LED lighting during test

온도 변화에 따른 동작 시험 후에는 Fig. 3-122와 같은 값을 자율운영 시스템에 입력하였을 때 Fig. 3-123과 같이 자율운영 시스템의 LED가 점등되는 것을 확인하였다.



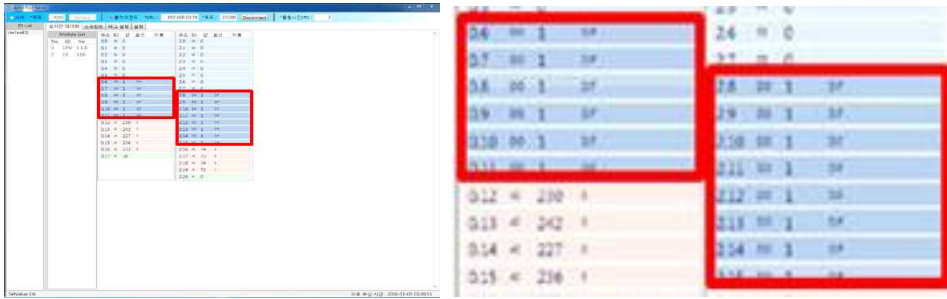


Fig. 3-122 Check DO value 1 after test

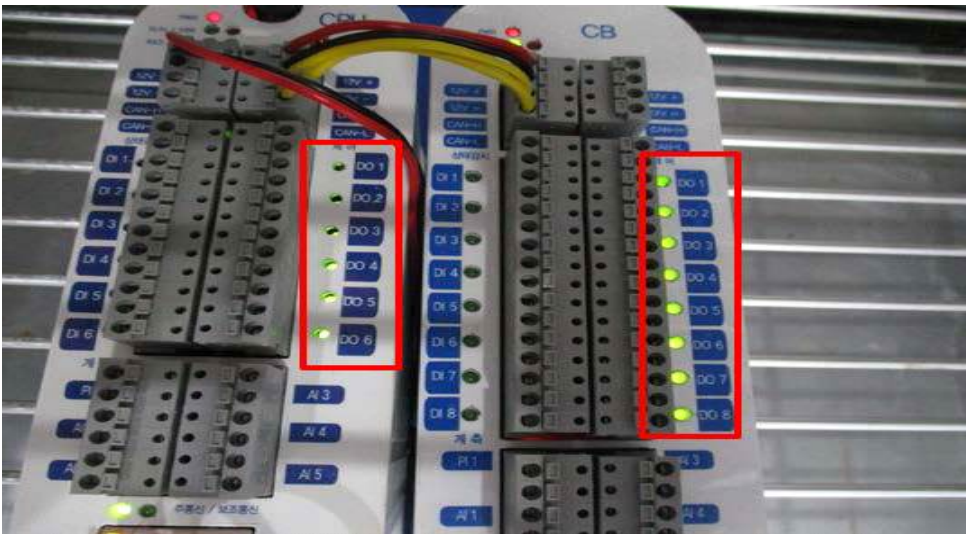


Fig. 3-123 Check DO LED lighting after test

## 2. 자율운영 시스템 습도 실험 및 결과검토

수리시설물이 주로 운영되는 우기에 현장 습도환경에서 원활하게 사용할 수 있는 자율운영 시스템을 제작하였다. 이를 현장 습도 환경과 동일한 챔버를 구성하여 습도실험을 하였다.

시험 방법은 KS C IEC 60068-2-78: 2002 규격에 따른다. 시험 온도는 (25 ~ 40) °C ± 2 °C 이다. 시험 습도는 (75 ~ 85) % R.H. ± 3 % R.H. 이다. 시

험 시간은 총 14 h 30 min 이다. 시험 주기는 1주기이며, 시험 전, 중, 후 3회 진행하며, 평가 항목은 육안 점검로 변형과 변색을 검사한다. 시험 프로파일은 Fig. 3-124와 같다.

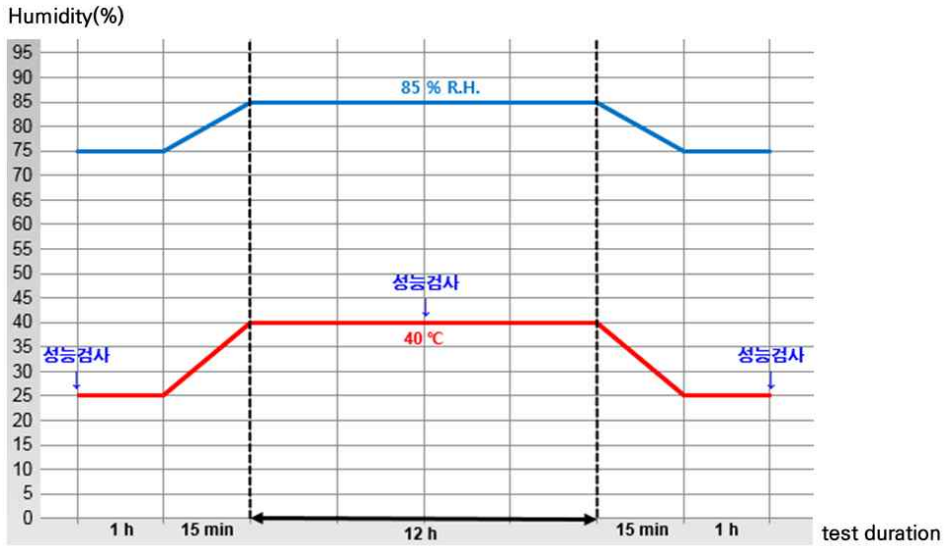


Fig. 3-124 Operating Humidity Test Profile

시험 전 육안 외관 점검 및 성능 검사를 실시한다. 시료를 습도 챔버에 넣고 시험 프로파일에 따라 시험을 진행한다. 시험 중 성능 검사를 실시한다. 시험 후 육안 외관 점검 및 성능 검사를 실시한다. 습도 실험결과는 Table 3-5와 같은 습도변화에도 자율운영 시스템이 정상동작함을 확인하였다.

Table 3-5 Test results for each test item of operating humidity

시험항목	시험결과
육안 외관검사를 통해 외형의 변형, 변색 유무 확인하였다.	이상없음
성능 검사 네트워크 연결 후 DO 채널 on/off 정상동작 확인하였고, DO 채널 LED 점등을 확인하였다. 확인	이상없음

습도 챔버 내부 습도변화 그래프는 Fig. 3-125 이다.

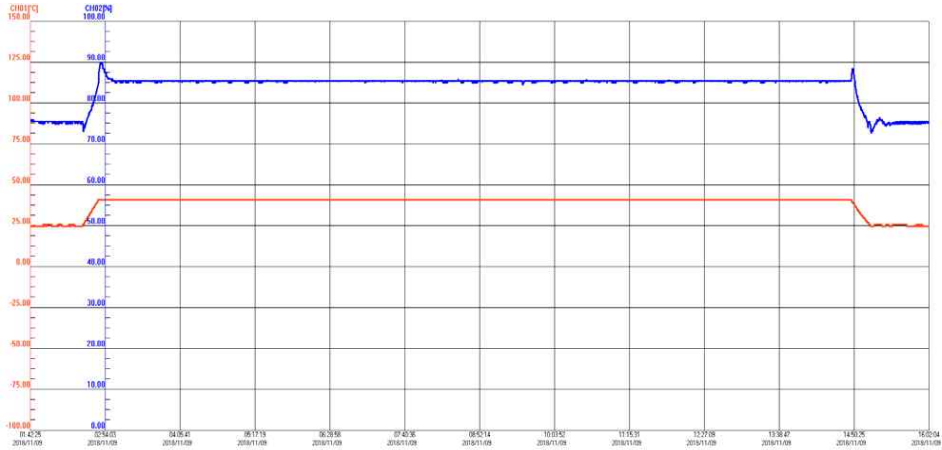


Fig. 3-125 Humidity chamber internal humidity change graph (relative humidity 85%)

Fig. 3-126과 같이 자율운영 시스템을 챔버에 넣어 테스트 하며, 시험 환경은 Fig. 3-127과 같다.

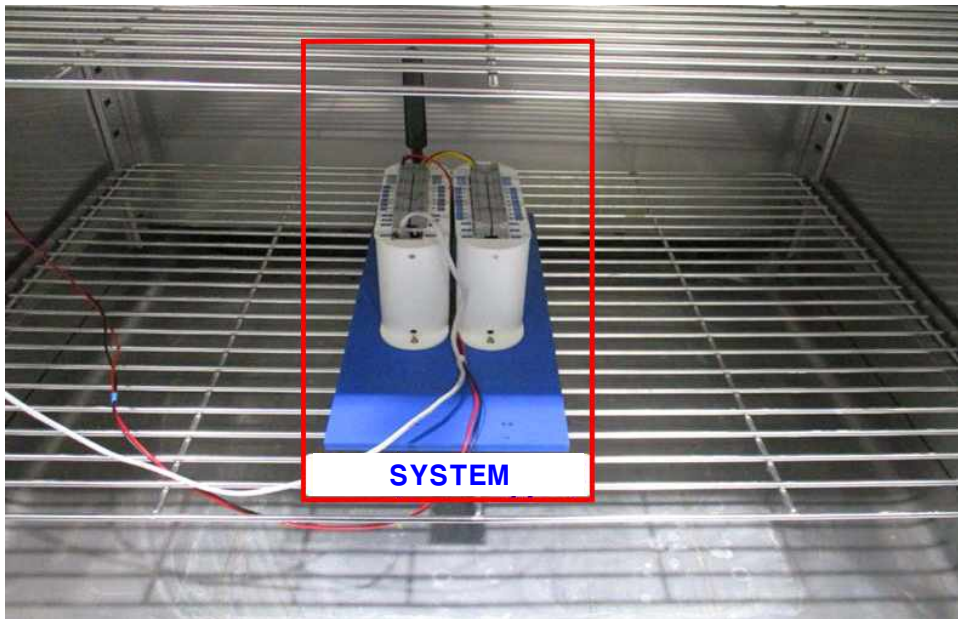


Fig. 3-126 A photo of the SYSTEM before the test in the humidity chamber

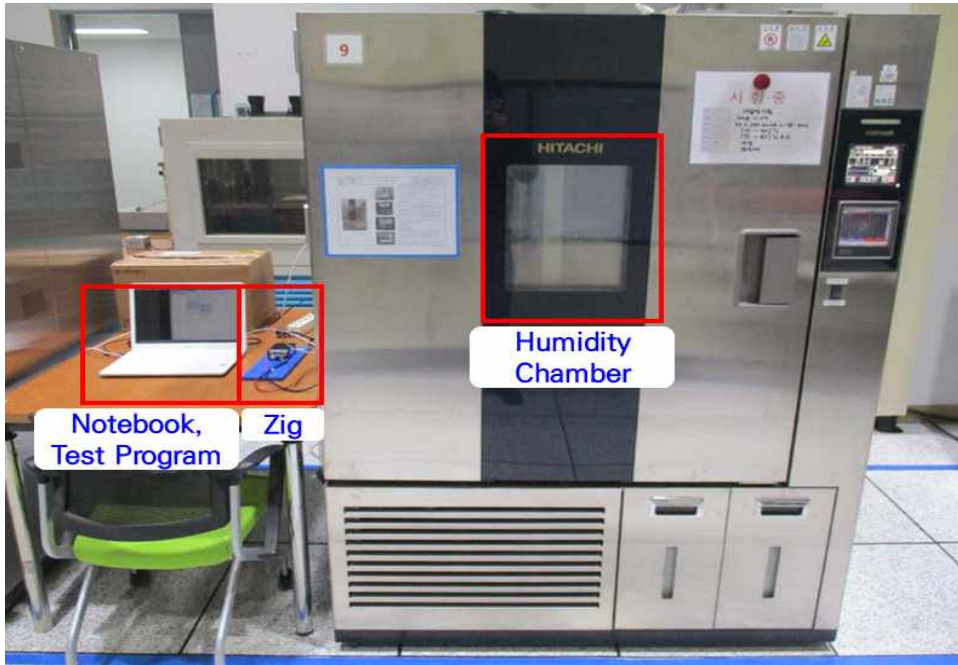


Fig. 3-127 Photo during humidity chamber test

습도 변화에 따른 동작 시험 전에 상태는 Fig. 3-128과 같이 입출력 포트를 초기화 하고, Fig. 3-129와 같이 자율운영 시스템의 초기화 상태를 확인하였다.

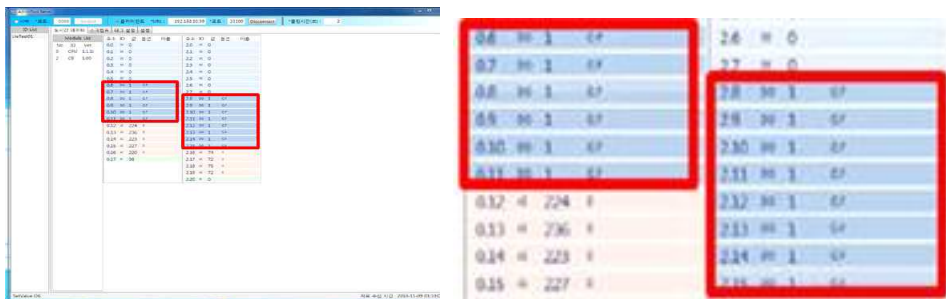


Fig. 3-128 Check DO value of 1 before test



Fig. 3-129 Check DO LED lighting before test

습도 변화에 따른 동작 시험 중에는 Fig. 3-130과 같이 자율운영 시스템에 입력값을 주고, Fig. 3-131과 같이 자율운영 시스템의 LED 점등 변화를 확인하였다.

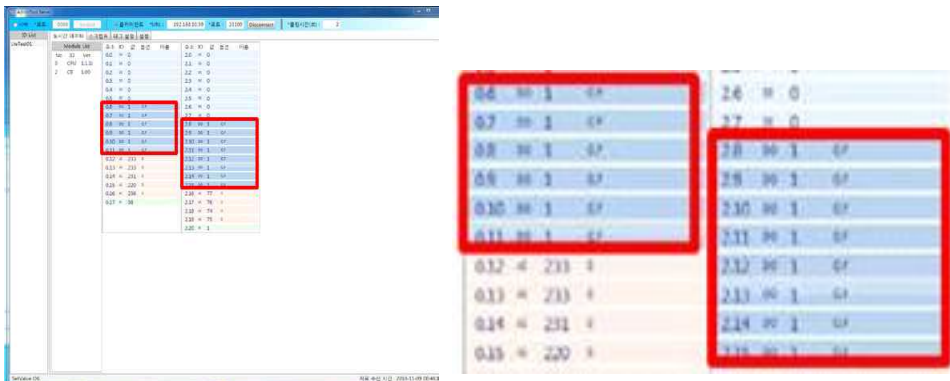


Fig. 3-130 Check DO value 1 during test



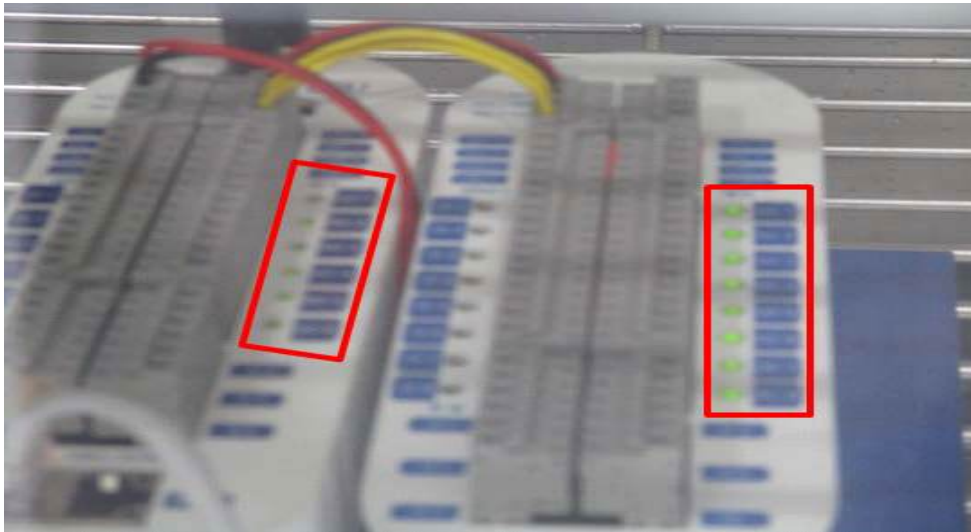


Fig. 3-131 Check DO LED lighting during test

습도에 따른 동작 시험 후에는 Fig. 3-132와 같은 값을 자율운영 시스템에 입력하였을 때 Fig. 3-133과 같이 자율운영 시스템의 LED가 정상적으로 변화되는 것을 확인하였다.

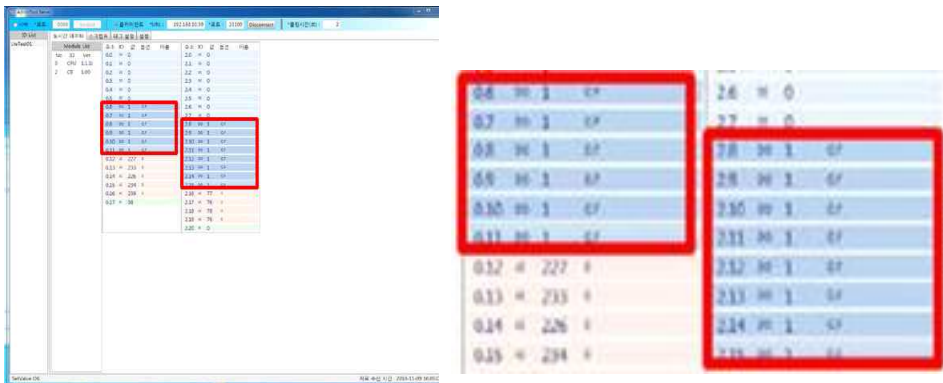


Fig. 3-132 Check DO value 1 after test



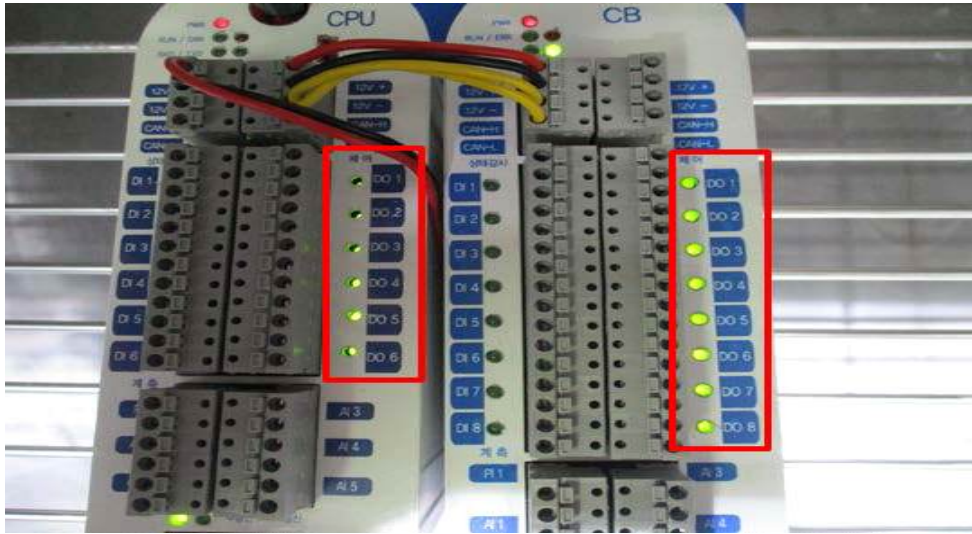


Fig. 3-133 Check DO LED lighting after test

## 제 4 장 결 론

본 논문에서 지능정보기술을 적용한 자율운영관리 시스템을 제작하였고, 각 파트별 동작을 확인하였다. 각 파트인 사물인터넷부, 전원부, 신호변환부, 계측부, 감시부, 제어부를 대상으로하여, 첫 번째 실험부터 네 번째 실험까지 순차적으로 진행하면서 시스템의 구성과 기능에 대해 확인하였다. 또한, 각 파트별 정상 동작을 확인하였으며, 이를 기반으로 자율운영관리 시스템을 구성하였다. 두 번째 실험을 통해 기계과부하에 대한 상태를 분석하였으며, 세 번째 실험을 통해 통신 두절 시 대응 시나리오를 만들었다. 마지막으로 현장 여건을 고려한 온도와 습도 실험을 수행하였고, 각각의 실험을 고찰한 결과 다음과 같은 결론이 도출되었다.

1. 제작된 PCB와 부품 실장을 통해 자율운영 시스템을 제작하였으며, 파트별 동작 실험을 하였고, 사물인터넷부는 통신부로 제작 후 신호 전송 실험을 통해 동작을 확인하였다. 전원부는 전원을 공급하는 파트로 12V를 인가 후 하드웨어 LED와 프로그램을 통해 정상 동작을 확인하였으며, 신호변환부는 자율운영 시스템의 아날로그 입력 단자에 1~5V의 전압과 4~20mA의 전류값을 인가 하였을때 프로그램을 통해 디지털 값으로 표출을 확인하였다. 계측부는 프로그램을 통해 열림 명령을 전송하였을 때 오실로스코프를 통해 전압이 변하여 제어함을 확인하였다.
2. 기계 동작 시 발생하는 진동, 소음, 전류값의 변화를 확인하고자 수문 제어시스템에 이물질이 없을 때 정상적인 전류, 진동, 소음 데이터와 이물질이 끼었을 때 전류, 진동, 소음 데이터를 각각 10회 시험을 하였으며, 데이터를 비교하여 이물질이 끼었을 때 데이터의 차이가 있음을 확인

할 수 있었다. 이 실험을 통해 수리시설물에 전류, 진동, 소음 데이터의 차이를 통해 직접 현장을 가지 않고도 수문 시스템의 이상 유무를 진단할 수 있었다. 이를 기반으로 이상 유무를 판단 시 시스템을 중단시키고, 관리자에게 데이터를 전송, 현장에서 스스로 복구할 수 있는 시나리오를 정립, 하드웨어 펌웨어를 설계하고, 제작할 수 있었다. 자율 운영 및 관리 시스템의 수위에 따른 자동 운전기능을 통해 일정 수위 값이 감지될 때 관리자에게 전파하며, 시스템 스스로가 자동운전을 통해 사전에 설정된 수위를 유지할 수 있는 시나리오를 정립하였고, 시험을 통해 구현됨을 확인하였다.

3. 통신 복구 시 저장되었던 데이터를 전송하여 서버에 저장하는 기능을 탑재해 데이터의 유실과 확보하기 어려운 현장여건을 고려하여 자동으로 데이터를 복구할 수 있도록 기능을 설계하였고, 사물인터넷 통신 기술을 활용하여 데이터를 전송하는 기능을 구현하였으며, 시험을 통해 3시간의 통신 두절 후 통신 복구 시 자체 저장된 데이터가 서버로 전송되는 기능을 확인하였다. 따라서 자율운영 시스템이 통신 두절 시에도, 지속적으로 수리시설물의 제어를 설정된 시나리오로 시설물을 운영하고 운영 정보를 자율운영 시스템의 메모리에 자체 저장함으로써, 데이터의 손실을 방지하였다. 또한, 자율운영 시스템이 통신 재개 시, 자율운영 시스템의 메모리에 저장된 통신 두절 시점부터의 동작 결과 정보를 중앙서버로 제공함으로써, 통신 재개에 따른 데이터 중복 전송 방지가 가능함과 동시에 관리자는 수리시설물들의 통신 두절 시의 동작 결과 정보도 확인할 수 있게 됨으로써, 현장과의 통신 상태와는 상관없이 자동운전 이력 정보의 손실 없음을 확인하였다.

4. 자율운영 시스템의 현장 설치를 위해 외부환경의 온도와 습도를 고려하여 챔버를 구성하여 실험 후 실행에 대해 수행하였으며, 먼저 온도시험

방법은 KS C IEC 60068-2-14: 2014 규격을 따른다.  $(-20 \sim 85) \text{ } ^\circ\text{C} \pm 2$   
 $^\circ\text{C}$  범위에서 총 21시간 동안 진행하였으며, 점검타이밍은 3번 실험하였고,  
이를 2번 반복하여 실험하였다. 챔버를 통해 실험한 결과 외부와 유사한  
온도에서도 정상 동작함을 확인하였고, 습도 실험 방법은 KS C IEC  
60068-2-78: 2002 규격에 따른다. 시험 온도는  $(25 \sim 40) \text{ } ^\circ\text{C} \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$  이다.  
시험 습도는  $(75 \sim 85) \% \text{ R.H.} \pm 3 \% \text{ R.H.}$  이다. 시험 시간은 총 14 h  
30 min 이다. 본 실험을 통해 외부 습도에서 정상 동작함을 확인하였다.

## Reference

1. 행정안전부 2020 재해연보(자연재난)
2. 제4차 산업혁명에 대응한 “지능정보사회 중장기 종합대책” 관계부처 합동 회의 (2016. 12. 27)
3. “혁신성장을 위한 국가 인프라 지능화 추진전략(스마트 SOC)” 한국정보화진흥원(NIA) (2017. 11)
4. “디지털 뉴딜 시대의 인공지능 경쟁력확보와 입법 대응 세미나” 국회입법조사처 국회 4차산업혁명포럼 (2020. 8. 19)
5. 「지능정보화기본법」 과학기술정보통신부 (시행 2021. 6. 10)
6. 「지능정보화 기본법 시행령」 과학기술정보통신부 (시행 2021. 6. 10)
7. 「지능정보화 기본법 시행규칙」 과학기술정보통신부 (시행 2021. 6. 10)
8. “ICT R&D 기술로드맵 2023 총괄보고서” 정보통신기획평가원 (2018. 12)
9. “지능형 사물인터넷 네트워크로의 진화” 한국정보화진흥원(NIA) (2019.04)
10. 특허 10-2184531 수위 변화에 따라 수문 개도율을 자율 조절하는 수문개폐장치 (2020.11.24.)
11. 특허 10-2128708 지능형 원격단말장치를 이용한 사물인터넷 기반의 하천 재해 감시 및 시설물 자율 점검 시스템 (2020.06.25.)
12. 특허 10-2128707 지능형 원격단말장치를 이용한 사물인터넷 기반의 수리 시설물 자율 점검 및 고장 알림 시스템 (2020.06.25.)
13. 특허 10-1938300 멀티미디어 정보와 CPS 기술을 활용한 임베디드 방식의 펌프장 자율운영시스템 (2019.01.08.)
14. 특허 10-1864183 상시 점검과 동작 점검이 가능한 IoT 기반 지능형 단말장치 (2018.05.29.)
15. 특허 10-1859657 자가 점검 기능을 탑재한물관리 자동화시스템

(2018.05.14.)

16. 특허 10-1835522 현장 데이터 보상 기능을 포함한 수리시설 원격제어장치 (2018.02.28.)
17. 특허 10-1308076 센서기반 오감 정보를 이용한 수리시설물의 지능형 물 관리 자동화시스템 (2013.09.06.)
18. 오영호, 2006, “농업용수관리 자동화 사업의 필요성 및 경제성 연구”, 삼척대학교 석사논문
19. 김종일, 2009, “농업용수통합관리시스템의 다원적 경제성 분석 및 효율성 평가”, 건국대학교 박사논문
20. 이진구, 2004, “무선데이터 통신을 이용한 수문 원격제어시스템 개발에 관한 연구”, 국립목포대학교 석사논문
21. 박중훈, 2017, “관개시설 기능개선을 통한 4차원적 농업용수관리 시스템 개발”, 건국대학교 박사논문
22. 임성일, 2003, “배전자동화 시스템을 위한 계통평가 및 운전기법에 관한 연구”, 명지대학교 박사논문
23. 안원태, 2021, “지형공간정보체계를 이용한 농업기반시설 관리시스템 개발”, 충북대학교 박사논문
24. 오진덕, 2014, “원격감시제어 장애 발생시 서비스 전환을 위한 시각동기화 고가용성 연구 및 구현”, 충남대학교 석사논문
25. 김병주, 2011, “TCP/IP를 이용한 상수도 설비의 원격감시제어 SYSTEM 구현”, 충주대학교 석사논문
26. 유철, 2017, “수처리용 원격감시제어시스템 구현에 관한 연구”, 전북대학교 석사논문
27. 김성환, 2007, “원격 감시제어설비를 이용한 효율적인 가압장 자동운전 방안 구현”, 충북대학교 석사논문
28. 임정란, 2002, “하수처리장 원격통합관리를 위한 제어시스템 개발”, 전남대학교 석사논문



29. 임익초, 2016, “PLC 기반의 수문 권양기 제어 및 모니터링 시스템 개발”,  
군산대학교 석사논문
30. 윤일병, 2001, “PLC/PID제어 모듈을 이용한 수처리 시스템의 최적제어”,  
전남대학교 석사논문
31. 이주찬, 2021, “산업제어시스템의 PLC 구조 분석을 통한 취약점 식별 및  
대응방안 연구”, 순천향대학교 석사논문
32. 김준희, 2013, “수문자료 신뢰성 향상을 위한 실시간 품질관리 개선방안  
연구”, 한밭대학교 석사논문
33. 박수진, 2015, “농업기반시설물에 대한 통합제어 네트워크 구현”, 충남대  
학교 석사논문
34. 한진석, 2013, “스마트폰을 이용한 빗물펌프장 상태 모니터링 시스템 설계  
및 구현”, 충북대학교 석사논문
35. 박병선, 2005, “양방향 통신을 이용한 무선수위제어기의 성능개선”, 목포  
대학교 석사논문
36. 유제곤, 2004, “퍼지제어 이론을 활용한 배수펌프장의 운영모형 개발에 관  
한 연구”, 서울산업대학교 석사논문
37. 박승찬, 2001, “관개용수의 적정 분배를 위한 퍼지동조 PID 제어기의 수  
문 자동화에 관한 연구”, 서울대학교 석사논문
38. 이형열, 2000, “데이터베이스를 이용한 물관리 제어에 관한 연구”, 전남대  
학교 석사논문
39. 고성식, 2000, “Web Server를 이용한 농업용수 관련 자료 관리에 관한  
연구”, 전남대학교 석사논문
40. 남길정, 1999, “지리정보시스템(GIS)을 이용한 물관리 자동화” 전남대학교  
석사논문
41. 김경완, 2015, “상수도 송·배수 시스템의 실시간 최적 펌프운영 모형 개  
발”, 경희대학교 석사논문
42. 이양재, 2007, “배수효과를 고려한 도시 내배수시스템 실시간 운영모형 개

- 발”, 고려대학교 석사논문
43. 김한익, 2007, “배수펌프장의 진동이 제체에 미치는 영향 해석”, 영남대학교 석사논문
  44. Kim, J. Y., You, K. J., Jung, Y. S., Ahn, T. H., “Development of Unmanned Irrigation Technology Using Five Senses During the Disconnection of Communication Due to Disaster,” J. Korean soc. Manuf. Process Eng., Vol. 16, No 1., pp. 148-148, 2017.
  45. Kim, J. Y., You, K. J., Jung, Y. S., Ahn, T. H., Lee, H. J., “Development of Unmanned Irrigation Technology Using Five Senses During the Disconnection of Communication Due to Disasters,” J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 16, NO. 1, pp.141-148, 2017.
  46. Jung, Y. S., Gao, J. C., Kim, J. Y., Park, D. G., Kim. W. K., “Study on unmanned water treatment system at the time of overload of a disaster disaster machine,” Proceeding of the KSMPE Conference., 4, pp. 87-87, 2017.
  47. Jung, Y. S., Lee, G. I., Park, R., Kim, J. Y., Kim, H. C., Kim, W. K., “Research on Unmanned Using Sensor-based Sensory Technology,” Proceedings of the KSMPE Conference., 4, pp. 86-86. 2017.
  48. Kim, W. K., Kim, J. Y., Jung, Y. S., Kim, H. C., “ Study on autonomous operation control system of LTE-M class Unmanned Irrigation,” 4, pp.60-60, 2018.
  49. Jung, Y. S., Kim, S. Y., Kim, J. Y., Kim, W. K., “Research on Unmanned Irrigation Remote Terminal Unit Applying IoT Technology,” 10, pp. 181-181, 2018.

## 감사의 글

힘들었던 시기를 견뎌내고 펜을 쥘 수 있을 수 있게 하신 하나님의 은혜에 감사드립니다. 그리고 항상 부족했던 저를 지도해주시고 조언과 충고를 아낌 없이 베풀어주신 김재열 교수님께 고개 숙여 감사드립니다. 저의 논문이 최종 완성되기까지 검토와 격려해주신 김지훈 교수님, 김경석 교수님, 조영태 교수님, 한재호 교수님께도 감사드립니다. 더불어 일과 병행하면서도 본 논문을 위해 함께 고민하고 도와주신 회사와 김원균 부장님께도 감사드립니다.

펜이 흔들릴 때마다 옆에서 힘내라고 잘하고 있다며 격려해주신 존경하는 아버지, 평생 인내와 사랑과 헌신으로 못난 자식을 위하여 묵묵히 뒷바라지 하신 어머니, 항상 미안한 아빠의 어깨를 두드려주며 힘내라고 응원해준 사랑하는 딸 예진이에게 고마운 마음을 전하고 싶습니다. 그리고 때로는 친구 처럼, 때로는 비평가처럼 조언을 아끼지 않았던 동생 나영이에게도 감사한 마음을 전합니다. 항상 마음으로 지원해준 고가진 박사님과 정윤수 박사님, 김상유 선생에게도 고마운 마음을 남깁니다.

어려운 여건 속에서도 도와주시고, 지원해주신 소중한 마음들 잘 간직하고, 다른 누군가에게 도움이 필요할 때 받았던 마음, 잘 베풀며, 공헌할 수 있는 삶이 되겠습니다. 이번 논문을 준비하면서 혼자서는 할 수 없었던 제게 많은 분들의 선의의 마음과 제게 부족한 겸손도 함께 배울 수 있었습니다. 제가 있기까지 버팀목이 되어주신 모든 분들에게 다시 한번 감사하다는 말과 함께 이 논문을 바칩니다.

2022년 6월 안태형