

# 재난재해로 인한 통신두절시 오감기술을 이용한 무인 수처리 기술 개발

김재열\*, 유관종\*\*,#, 정윤수\*\*\*, 안태형\*\*\*\*

\*조선대학교 기계시스템미래자동차공학부, \*\*조선대학교 기계공학과,  
\*\*\*조선대학교 일반대학원 기계시스템공학과, \*\*\*\*주식회사 ATS

## Development of Unmanned Irrigation Technology Using Five Senses During the Disconnection of Communication Due to Disasters

Jae-Yeol Kim\*, Kwan-Jong You\*\*,#, Yoon-Soo Jung\*\*\*, Tae-Hyoung Ahn\*\*\*\*

\*Dept. of Mechanical Systems and Automotive Engineering, Chosun Univ.,

\*\*Dept. of Mechanical Engineering, Chosun Univ.,

\*\*\*Dept. of Mechanical Engineering, Graduate school of Chosun Univ.,

\*\*\*\*ATS CO.,Ltd.

(Received 1 February 2017; received in revised form 6 February 2017; accepted 15 February 2017)

### ABSTRACT

Recently, localized heavy rain storms have been occurring frequently due to global warming, and it is difficult to shield a large number of facilities against disaster with limited manpower. The unmanned water treatment system uses five senses to analyze various judgment criteria, which are set according to field situations such as machine vibrations, the temperature of bearings, the sound of the operating machines, and the hydraulic pressure, current, and voltage of the hydraulic floodgates. It thus judges normal or abnormal operation status and conducts unmanned control of such machines. It automatically applies a system to the interruption of communications and therefore improves the reliability of its unmanned irrigation facilities. It maximizes the operational efficiency of managers responsible for various fields, enabling them to discharge water before the situation escalates to a crisis within the golden time, and to protect against damage to humans and property.

**Key Words** : Disaster(재난), Multisensing(멀티센싱), Five Senses(오감기술), Unmanned Irrigation(무인 수처리), Disconnection of Communication(통신두절)

### 1. 서 론

우리 사회는 수 년 전부터 소위 외양간 고치기 식의 안전논란에서 벗어나지 못한 채 ‘안 안전한

대한민국’이라는 오명을 받아 왔다. 사실 대한민국 안전불감증의 문제는 어제 오늘 만의 일이 아니다. 많은 국민들이 웬만한 사건사고에는 눈하나 깜박이지 않을 경지에 올랐다고 해도 과언이 아니다.

하지만 최근 2016년 9월 12일 경주 지진, 지난 2014년 4월 16일 발생한 세월호 사건을 통해 안전불감증은 어느새 안전과민증으로 변모했다. 위의

# Corresponding Author : kju@chosun.ac.kr

Tel: +82-62-230-7207, Fax: +82-62-233-7988

사례는 각종 재난재해 초기 골든타임에 대응을 어떻게 하느냐에 따라 인명피해와 재산피해가 수천 배까지 차이날 수 있음을 보여주는 대표적 사례이다. 또한 재난재해는 예측하지 못한 돌발적 상황에서 동시다발적으로 발생하게 되고 다수의 현장을 관리하는 인력이 골든타임 내에 대응하는 것은 한계가 있다. 따라서 골든타임 내에 시설물의 상태를 감지하고 이상발생시 상황을 전파하며, 매뉴얼에 따른 분석, 판단, 제어가 가능한 무인 수리시설 제어시스템이 필요하다.

현재 지구온난화로 인해 전 세계적으로 기후변화가 빈번히 이상기후가 발생하고 있으며 특히, 시간당 강우량이 관측 사상 최대치를 갱신하는 국지성 집중호우의 빈도와 강도는 더욱 심화되고 있다. 기상청 “2050년 기후변화 전망”자료에 따르면 우리나라 평균기온은 2050년까지 지난 100년간(+1.8℃)보다 약 2배(+3.2℃)가 상승하여 대부분 지역이 아열대화 될 것으로 전망하고 있다. 또한, 연강수량은 1,461[mm]로 현재보다 15.6% 증가하여 지역별로 집중호우의 가능성이 증대되고, 모든 계절의 강수량이 증가하나 여름보다 늦봄·초여름(5~6월), 초가을(9월)에 강수량 증가로 봄, 가을에도 호우피해 발생이 가능하게 된다<sup>[1]</sup>.

국민안전처 2015년 재해연보에 따르면 최근 5년간 2조가 넘는 재해 피해를 입고 있으며, 복구액은 4조가 넘는 엄청난 비용이 투입되고 있다. 또한 지난 10년간 홍수 피해액은 총 5조 1,000억 원에 달하며 전체 자연재해 피해액의 대부분인 94%를 차지하고 있다.

지구온난화로 인한 환경변화에 따라 강우가 발생하는 시점에서 시설물 제어시 배수의 감당량을 초과하는 단기간 다량의 강우형태를 보임으로써 기존 제어시스템 방식으로는 해법을 찾을 수 없고, 펌프 용량증대, 저수지 뚝높임과 같은 구조적 대응의 한계에 이르게 되었다. 또한 국지성 집중호우와 같은 긴박한 상황에서 다수의 시설물에서 발생하는 동시 다발적인 기계, 통신의 문제, 현장 변수 발생에 대해 한정된 인력이 관리하기에는 어렵게 현실이다. 즉, 인력에 의해 원격으로 관리되는 감시계측제어시스템의 경우 통신두절로 인한 원격제어가 불가능한 상황에 있어 집중호우 발생 현

장을 관리자가 직접 가서 해결하기에는 골든타임 내에 처리할 수 없어 인명과 재산피해를 가져오게 된다. 따라서 사전에 관리자에 의해 재난재해 매뉴얼에 따라 설정된 시스템에 의해 재해에 대비하여 무인 수리시설 제어로 동작하고 그 결과를 관리자나 관련기관에 신속하게 전달하는 지원 시스템이 필요하게 되었다. 신기술은 구조적 재해 시설물들을 비구조적 방법을 통해 재난재해에 골든타임 내에 신속하게 대응하고 사전에 관리자에 의해 재난재해 매뉴얼에 따라 설정된 시스템에 의해 무인으로 수리시설을 감시·계측·제어함으로써 자연재해에 대한 피해를 저감시키는데 목적이 있다. 본 연구는 기계의 진동, 온도, 동작소리, 전압, 전류 등 현장 상황에 맞는 오감을 이용한 다양한 판단기준을 설정하고 분석하여 이에 따른 이상 유무 판단을 시스템이 무인으로 수행하고 통신두절시 자동으로 대처하는 시스템을 적용하여 무인 수리시설 제어의 신뢰성을 향상시키는데 목적이 있다<sup>[2-5]</sup>.

## 2. 무인 수처리 원리 및 설계

### 2.1 이론적 고찰

기존 원격감시제어시스템의 네트워크 망이 단절된 경우 무용지물이 된다는 단점을 극복한 신기술의 무인 수리시설 제어시스템은 네트워크 망이 단절되더라도 현장에 설치된 장비가 현장의 계측값에 따라 스스로 무인 운전을 함으로써 동시다발적으로 발생할 수 있는 재난재해의 골든타임에 신속하게 대응할 수 있다. 무인 수리시설 제어에 대한 동작 신뢰도를 높이기 위해 현장에서 계측된 데이터를 기준값으로 활용하여 관리자가 내리는 의사결정과 동일하게 작용하도록 하였다. 유인과 무인 관리모드를 동시 지원하여 관리 효율을 극대화하였으며, 관리자가 다른 시설물로 이동 중이거나 점검중인 순간에 발생하는 재난재해 상황에 시스템이 스스로 동작함으로써 재난과 재해 저감 효과를 극대화하는 신기술이다. Fig. 1은 신기술의 전체 개념도를 나타내고 있다. 무인자동화 시스템에 입력되는 내용은 영상 및 음향, 상태감시 및 진동,

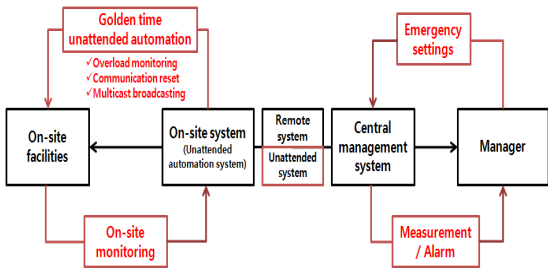


Fig. 1 Overall conceptual diagram of new technology

수위, 온도, 유량 등 계측값을 수집하고 분류하며 검증한다.

무인 수리시설 제어시스템을 통해 수집된 데이터는 인터넷을 통해 실시간 데이터베이스에 전달되어 데이터가 분석·판단·저장되며, 이벤트 발생조건과 비교하여 일치하는지 여부를 판단한다. 중앙처리시스템은 관련기관 자료인 기상청 기상예보자료, 홍수통제소 하천 주변 주요지점 수위자료, 국립해양조사원 조석예보 등의 자료를 주기적으로 수집하여 분석·판단하며 그 결과는 관리자의 모니터에 표출되고 이벤트 발생조건과 일치할 경우 관리자 또는 관련기관 담당자에게 동보 핸드폰 문자 메시지(SMS)나 동보팩스로 하나의 송신 장치에서 여러 개의 수신 장치로 동시에 같은 내용의 정보를 보내는 통신 방법으로 이벤트를 처리하고 이벤트에 따른 홍수저감 시설물 제어를 자동 또는 수동으로 수행한다<sup>[6-12]</sup>.

## 2.2 무인자동화를 위한 통신두절시 해결방법

집중호우로 인해 수위가 급격하게 상승하고 있을 때 통신두절이 발생할 경우 중앙 시스템에 의한 원격제어는 불가능한 상황이 발생한다. 본 신기술에 적용된 무인 수리시설 제어시스템은 Fig. 2와 같이 인터넷을 통한 중앙처리시스템과 통신을 유지하다가 통신이 두절되면 통신리셋제어 신호를 보내 모뎀, 공유기 등 통신전원부를 리셋시키고 설정된 리셋 횟수를 초과할 때까지 통신이 자동 재개되지 않으면 무인 수리시설 제어시스템 자체

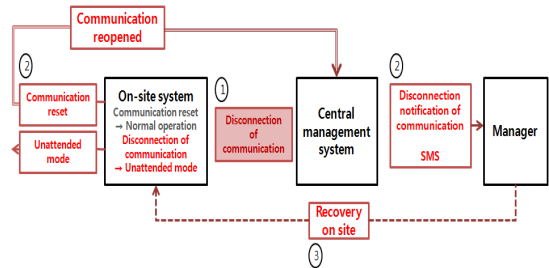


Fig. 2 The procedure of the system processing process at the time of occurrence of communication interruption

DB에 데이터를 저장하고 설정된 값에 따라 자동 제어를 수행한다. 이후 통신이 재개되면 자체 DB에 저장된 데이터를 인터넷을 통해 중앙 시스템의 데이터베이스로 전송하여 자료를 저장하고 관리자 또는 관련기관 담당자에게 동보 핸드폰 문자 메시지(SMS)로 시설물 제어 상황을 알려줌으로써 통신두절에 대비한다.

## 2.3 무인자동화를 위한 동보 알림 해결방법

집중호우로 인해 상류측 수위가 급격하게 상승하고 수문을 제어하여 하류로 물을 방류할 경우 관련기관이나 인근 주민, 행락객들에게 내용을 신속하게 알리지 못할 경우에는 하류측에 인명과 재산피해를 발생할 수밖에 없는 상황이다.

본 신기술에 적용된 무인 수리시설 제어시스템은 Fig. 3과 같이 설정된 관리수위 이상으로 상승하여 수문을 열어 물을 방류할 때 중앙처리시스템은 화면에 관리수위 이상의 수위값이 발생하여 수문을 개방한다는 내용을 시스템 알람으로 알리고 핸드폰 문자 메시지(SMS)로 전송한다. 동시에 관련기관의 관계자에게 동보 SMS와 동보 FAX를 보내고 현장 측 방송장치를 통해 저장된 동보방송을 송출하여 수위상승으로 인한 수문개방 골든타임 이내에 처리될 수 있도록 자동으로 수행한다. 이를 자동화가 아닌 사람이 직접 수행할 경우 수문을 열어야 하는 골든타임을 초과하거나 상황을 제때 전파하지 못함으로 인명과 재산피해를 입게 된다.

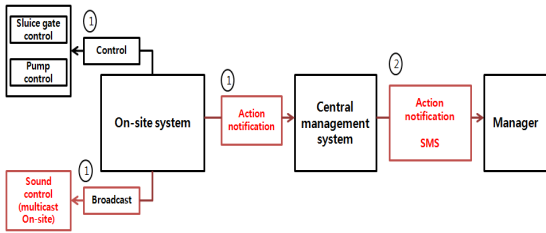


Fig. 3 Broadcast system processing procedure

### 3. 무인 수처리 시스템 개발 및 실험

#### 3.1 시스템 개발

신기술이 적용된 시스템은 전문 기술자만 설계, 시공, 유지관리가 가능했던 기존 시스템과 달리 일반인도 쉽게 적용 가능하여 수리시설물별 감시, 계측, 제어의 특징에 적합하도록 규격화된 하드웨어와 원클릭 자동 설치 및 연결이 가능한 소프트웨어를 제공함으로써 발주자의 필요와 의도에 따라 손쉽게 설계, 시공, 유지관리가 가능하도록 개발하였다. Fig. 4는 수처리 시스템 장비 구성이다. 좌측부터 수문모형(현장 수리시설물), 신기술 시험장치, 프로그램으로 구성되어 있다. Fig. 5는 수처리 시스템 GUI를 구현한 모습이다.

#### 3.2 실험

##### 3.2.1 실험장치 구성

수문모형 1식, 수위센서 2식(내수위, 외수위), 진동센서 1식, 온도센서 1식, 현장제어반 1식, 무인

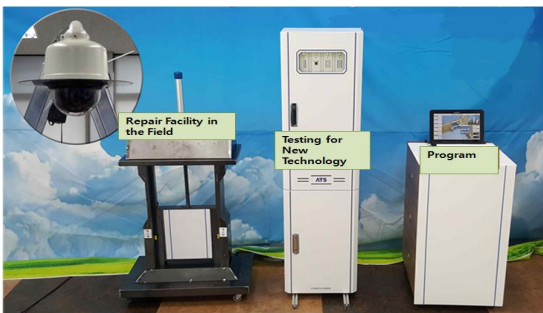


Fig. 4 Equipment configuration of water treatment system



Fig. 5 Implementation of GUI of water treatment system

수리시설 제어시스템 1식, 노트북(물관리 프로그램 탑재) 1식, 상용인터넷 2회선 등으로 구성하였다.

##### 3.2.2 매뉴얼을 적용한 실험방법

매뉴얼 적용한 실험방법에서 수리시설 제어시스템 ‘자동모드’에서 실험이다. 실험항목은 계측감시, 자동방송, 자동제어, 계측감시, 자동제어 순으로 진행된다. ‘계측감시’에서 실험방법은 먼저 프로그램에서 설정버튼을 클릭 후 관리수위를 설정하는 화면을 캡처, 프로그램에서 자동운전 모드를 선택한 화면을 캡처, 수위값이 변화된 후 프로그램 화면을 캡처한 후 현장 시스템의 내수위 AI 단자에서 오실로스코프로 파형을 측정한다.

‘자동방송’에서는 현장 시스템이 자동으로 방송을 송출할 때 스피커 단자에서 송출되는 출력신호를 오실로스코프로 측정한다.

‘자동제어’에서는 내수위가 관리수위 이상으로 상승하여 현장 시스템이 자동으로 수문을 열 때 오실로스코프로 현장 시스템의 열림 DI 신호의 파형을 측정한 후 수문이 열릴 때 프로그램 화면을 캡처한다.

‘계측감시’에서는 수위값이 변화되기 전 프로그램 화면을 캡처한 후 현장 시스템의 내수위 AI 단자에서 오실로스코프로 파형을 측정한다. 수위값이 변화된 후 프로그램 화면을 캡처한다.

‘자동제어’에서는 내수위가 관리수위 이하로 내려가 현장 시스템이 자동으로 수문을 닫힐 때 오

실로스코프로 현장 시스템의 닫힘 DI 신호의 파형을 측정한 후 수문이 자동으로 닫힐 때 프로그램 화면을 캡처한다.

### 3.2.3 통신두절시 무인 수리시설 제어시스템 동작 실험방법

실험항목은 통신리셋, 계측감시, 자동방송, 자동제어, 계측감시, 자동제어 순으로 진행된다.

‘통신리셋’은 현장 시스템에서 인터넷 케이블(잭) 제거 후 통신두절 상태의 프로그램 화면을 캡처한다. 통신두절을 감지한 현장시스템이 통신재개를 위해 통신전원부를 리셋시킬 때 오실로스코프로 통신리셋 DO 신호 파형을 측정한다.

‘계측감시’에서는 내수위를 관리수위 이상으로 공급하고 현장 시스템의 내수위 AI 단자에서 오실로스코프로 파형을 측정한다.

‘자동방송’에서는 현장 시스템이 자동으로 방송을 송출할 때 스피커 단자에서 송출되는 출력신호를 오실로스코프로 측정한다.

‘자동제어’에서는 내수위가 관리수위 이상으로 상승한 후 현장 수문이 열리기 시작할 때 오실로스코프로 현장 시스템의 열림 DI 신호의 파형을 측정한다.

‘계측감시’에서는 내수위를 관리수위 이하로 공급하고 현장 시스템의 내수위 AI 단자에서 오실로스코프로 파형을 측정한다.

‘자동제어’에서는 내수위가 관리수위 이하로 강하한 후 현장 수문이 닫히기 시작할 때 오실로스코프로 현장 시스템의 닫힘 DI 신호의 파형을 측정한다. 이 때 프로그램 화면에서 통신상태가 정상인 화면을 캡처한다.

## 4. 실험결과

### 4.1 매뉴얼을 적용한 실험결과

Fig. 6은 매뉴얼을 적용한 무인 수리시설 제어시스템(자동) 동작실험 GUI를 나타낸다. 시험항목 ‘계측감시’에서 프로그램에서 관리수위를 설정 후 자동운전 모드 선택화면이다. Fig. 7은 시험항목

‘계측감시’에서 수위값 변화후 현장 시스템의 내수위 AI 단자에서 오실로스코프 파형을 측정한 결과이다. Fig. 8은 시험항목 ‘자동방송’에서 현장 시스템이 자동으로 방송을 송출할 때 스피커 단자에서 송출되는 출력신호를 오실로스코프로 측정한 결과이다. Fig. 9는 시험항목 ‘자동제어’에서 내수위가 관리수위 이상으로 상승하여 현장 시스템이 자동으로 수문을 열 때 오실로스코프로 현장 시스템의 열림 DI 신호의 파형을 측정한 결과이다. Fig. 10은 시험항목 ‘계측감시’에서 현장 시스템의



Fig. 6 Controlled water level setting screen

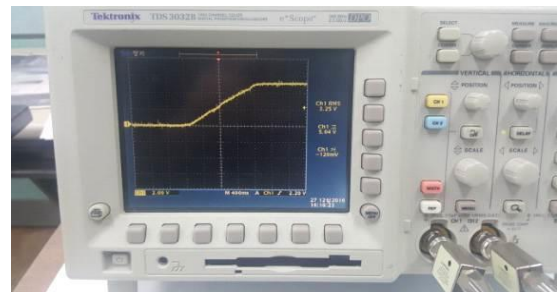


Fig. 7 Inside water level AI terminal waveform



Fig. 8 Automatic broadcast output waveform



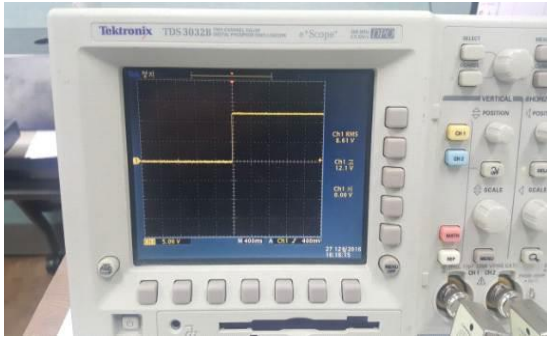


Fig. 9 Open DI signal waveform

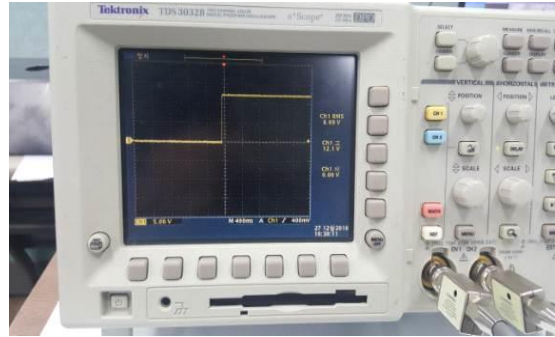


Fig. 11 Closed DI signal waveform

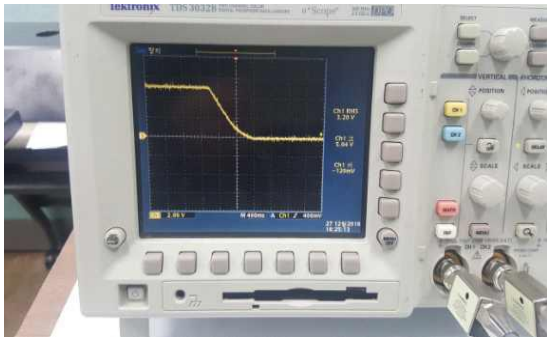


Fig. 10 Inside Water level AI terminal waveform

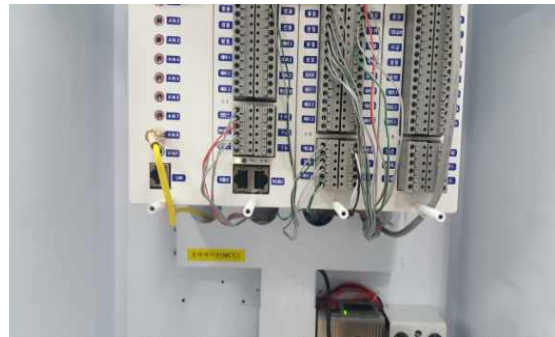


Fig. 12 Remove internet cable

내수위 AI 단자에서 오실로스코프 파형을 측정 한 결과이다. Fig. 11은 시험항목 ‘자동제어’에서 내수위가 관리수위 이하로 내려가 현장시스템이 자동으로 수문을 닫힐 때 오실로스코프로 현장 시스템의 닫힘 DI 신호의 파형을 측정한 결과이다.

#### 4.2 통신두절시 무인 수리시설 제어시스템 동작 실험결과

통신두절시의 상황을 재연하기위해 시험항목 ‘통신리셋’에서 현장 시스템에서 인터넷 케이블(잭)을 제거한다. Fig. 12는 인터넷 케이블 제거 모습이다. Fig. 13은 통신두절을 감지한 현장시스템이 통신 재개를 위해 통신전원부를 리셋시킬 때 오실로스코프로 통신리셋 DO 신호 파형을 측정한 결과값이다. Fig. 14는 시험항목 ‘계측감시’에서 내수위를 관리수위 이상으로 공급하고 현장 시스템의 내수위 AI 단자에서 오실로스코프로 파형을

측정한 결과값이다. Fig. 15는 시험항목 ‘자동방송’에서 현장 시스템이 자동으로 방송을 송출할 때 스피커 단자에서 송출되는 출력신호를 오실로스코프로 측정한 결과값이다. Fig. 16은 시험항목 ‘자동제어’에서 내수위가 관리수위 이상으로 상승한 후 현장 수문이 열리기 시작할 때 오실로스코프로 현장 시스템의 열림 DI 신호 파형을 측정한 결과값이다. Fig. 17은 시험항목 ‘계측감시’에서 내수위를 관리수위 이하로 공급하고 현장 시스템의 내수위 AI 단자에서 오실로스코프로 파형을 측정한 결과값이다. Fig. 18은 시험항목 ‘자동제어’에서 내수위가 관리수위 이하로 하강한 후 현장 수문이 닫히기 시작할 때 오실로스코프로 현장 시스템의 닫힘 DI 신호의 파형을 측정한 결과값이다.

이후 현장 시스템에서 인터넷 케이블(잭)을 연결하여 프로그램 화면에서 통신상태가 정상임을 확인하였다.

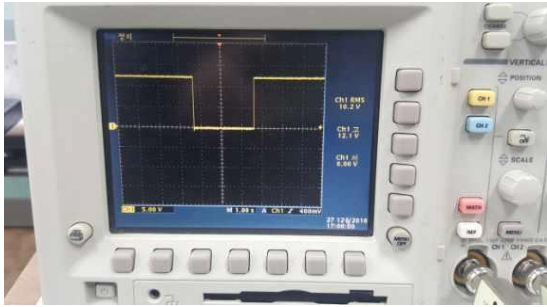


Fig. 13 Communication Reset DO pin waveform

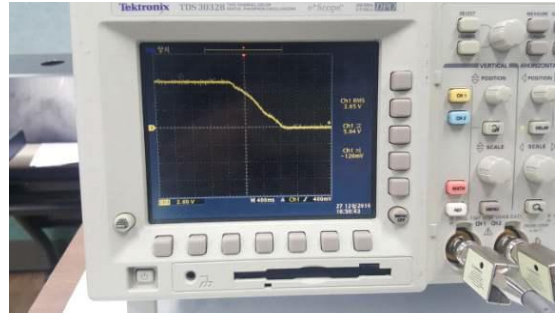


Fig. 17 Inside water level AI terminal waveform

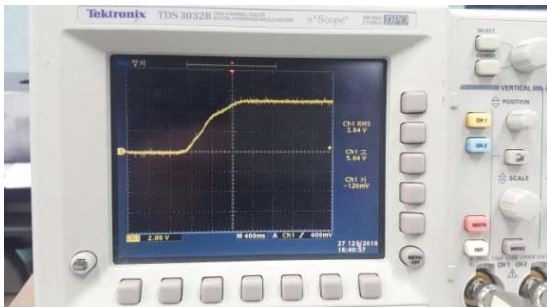


Fig. 14 Inside water level AI terminal waveform

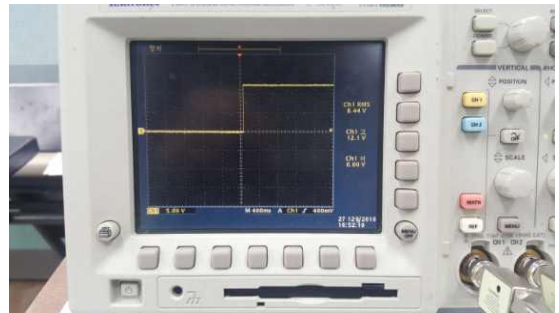


Fig. 18 Open DI signal waveform

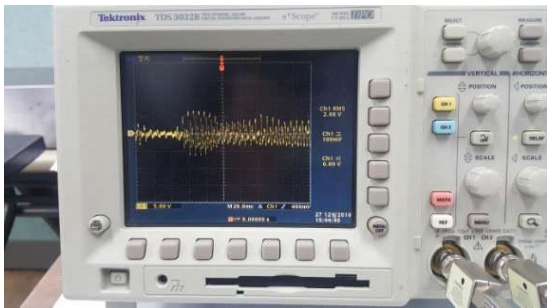


Fig. 15 Output waveform

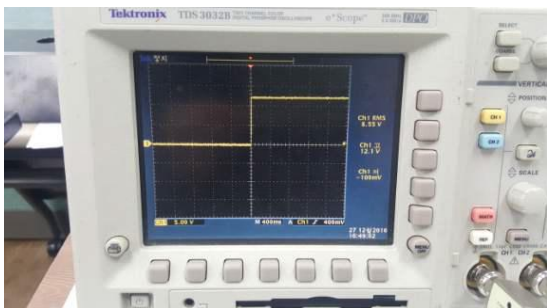


Fig. 16 Open DI signal waveform

## 5. 결론

본 연구에서는 재난재해로 인한 통신두절시 오감기술을 이용한 무인 수처리 기술 개발에 대해 연구하였고, 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시스템은 스스로 통신상태를 확인하고 통신이 두절되면 시스템에 연결된 통신장치를 리셋하며, 지정된 리셋 횟수 초과시 무인 제어로 사전에 관리자에 의해 재난재해 매뉴얼에 따라 설정된 동작을 수행하고 자체 데이터를 저장함으로 방문시간 및 비용절감을 확인하였다.
2. 통신이 재개되면 관리자에게 알리고 자체 데이터는 중앙시스템의 데이터베이스로 전송되어 동시다발적으로 여러 현장에서 발생하는 재해 상황에 신속하게 대응함을 확인하였다.

3. 통신이 두절된 상황에서도 현장시스템은 수위 변화와 수문개도율을 파악하였다.
4. 관리자는 통신두절 상황에 불안감이 해소되고, 시스템의 신뢰성을 향상하였다.

## 후 기

“이 논문은 2016년 교육부와 한국연구재단의 지역 혁신창의인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (2014H1C1A1066959).”

## REFERENCES

1. Jeong, H. S., "A Basic Research on the 2050 Climate Friendly and Safe Society Model Development," Climate Change Research Division, National Institute of Environmental research, 2012.
2. Song, B. T., "Technology of Sensors with Human Sensitivity," jkiiect, Vol. 8 No. 6, pp. 507-514, 2015.
3. Jung, S. H., Lee, J. H., "Development on unmanned automated system at hot Forging work," J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 12, No. 5, pp. 163-169, 2013.
4. Kim, T. H., Moon, S. H., Kang, S. H., Kwon, S. J., "A Study on the Development of iGPS 3D Probe for RDS for the Precision Measurement of TCP," J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 11, No. 6, pp. 130-138, 2012.
5. Kim, T. H., Kwon, S. J., "A Study on the Development of a Specialized Prototype End-Effector for RDSs(Robotic Drilling Systems)," J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 12, No. 6, pp. 132-141, 2013.
6. Shim, B. K., Han, S. H., "Wireless Communication Real-Time Travelling Control of Mobile Robot by Voice Command," J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 10, No. 6, pp. 33-38, 2011.
7. Jung, Y. S., Kim J. Y., Lee, G. I., Moon, K. Y., "Development of the remote control, integrated lighting system," Proceedings of KSMPE 2016 Fall Conference, pp. 87-87, 2016.
8. Lee, S. C., Kong, J. H., Lee, S. C., "Hot Forging Analysis of Rotor Grip with Titanium Alloy for Unmanned Helicopter," J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 10, No. 2, pp. 96-103, 2011.
9. Sim, H. S., Lee, M. K., Lee, K. Y., "A Development Study on an Engine Control Module of an Electronic Marine Diesel Engine," J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 14, No. 5, pp. 133-140, 2015.
10. Kim, H. J., "Experimental Study on Thermal Analysis of Steering Control ECU Structure for Electric Vehicles," J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 14, No. 5, pp. 113-119, 2015.
11. Lee, S. H., Moon, H. J., Hue, S. B., Choi, S. D., "Development of LED Module Control-based PWM Current for Control of Heat-dissipation," J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 14, No. 6, pp. 129-135, 2015.
12. Kim, G. B., Park, S. M., Kim, I. S., "Tuning of PID Controller for Hydraulic Positioning System Using Genetic Algorithm," J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 15, No. 3, pp. 93-101, 2016.