

수리시설물 원격관리에 있어 통신두절시 데이터 자동복구 시스템 최적설계에 관한 연구

안태형*, 김상유*, 고정민*, 김재열**,#

*조선대학교 일반대학원 기계시스템·미래자동차공학과, **조선대학교 기계공학과

Study on the Optimal Design of Automatic Data Recovery System in case of Communication Loss in Remote Management of Hydraulic Facilities

Tae-Hyung Ahn*, Sang-Yu Kim*, Jeong-Min Ko*, Jae-Yeol Kim**,#

*Dept. of Mechanical System and Automotive Engineering, Graduate School of Chosun University

**Dept. of Mechanical Engineering, Chosun University

(Received 10 February 2022; received in revised form 14 February 2022; accepted 20 February 2022)

ABSTRACT

In the existing wired communication network, wired communication is frequently interrupted by lightning, which accompanies rain, and remote management cannot be performed when it is actually necessary. In the case of communication interruption, field data stored in the database are lost, and data at an important point in time may go missing; this causes a decrease in the reliability of the stored data. 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 prepare for communication loss.

Keywords : Automatic Data Recovery(데이터 자동복구), Remote Management(원격관리), Communication Loss (통신두절), Optimal Design(최적설계), IoT(사물인터넷)

1. 서 론

최근 국내외적으로 물관리기술과 물산업 육성의 필요성이 대두되고 있으며, 주로 우기에 사용하는 수리시설물 원격계측관리시스템의 경우 강우 발생시 수반되는 낙뢰로 인한 기존 유선통신의 두절이 잦아

실제 필요한 시기에 원격관리를 할 수 없어 통신이 두절되었을 때는 시스템은 무용지물이 되며 Fig. 1과 같이 관리자가 현장에 가서 수리시설물을 수동 제어해야 한다. 또한, 동작시 정상동작에 대한 신뢰성이 낮기 때문에 관리자가 현장을 방문하거나 원격계측 감시제어시스템은 사용하지 않고, 현장에 상주하여 직접 동작시키는 경우가 있어 시스템에 대한 신뢰도 및 활용도가 저하되기에 유선 통신 두절에 대비한 무선통신이 필요한 실정이다.^[1-8]

Corresponding Author : jykim@chosun.ac.kr

Tel: +82-62-230-7745

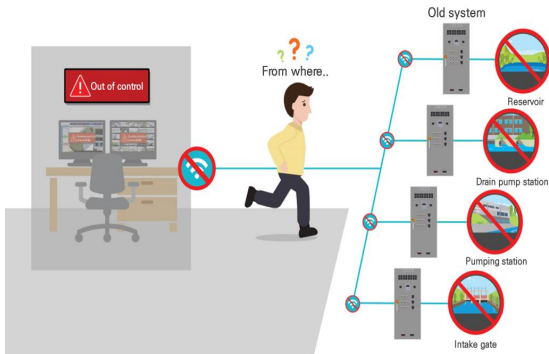
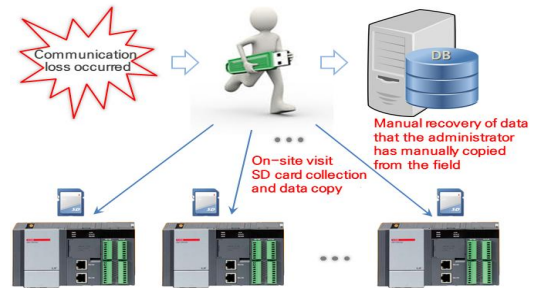


Fig. 1 Problems of existing remote measurement monitoring control system

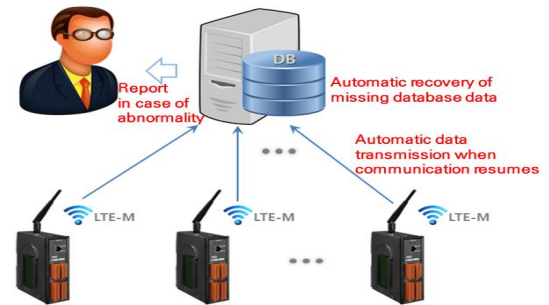
특히, 통신 두절시 데이터베이스에 저장되는 현장 데이터가 손실되어 중요한 시점의 데이터가 누락됨으로 저장되는 데이터의 신뢰도가 저하되고 있다. 따라서 본 연구에서는 수리시설물 원격관리에 있어 통신두절시 데이터 자동복구에 관한 최적설계에 관한 연구로써 국내의 물관리기술 고도화와 물산업 육성의 주요 핵심 기술들을 개발하고자 한다.^[9-10]

2. 통신 두절시 시스템별 데이터 복구방식 비교

통신 두절시 데이터 복구방식으로는 기존 수리시설물의 원격 계측감시제어시스템의 경우 Fig. 2의 (a)와 같이 통신이 두절되면 관리자가 현장에 방문하여 수동으로 이동식 메모리(USB 등)를 통해 현장 데이터를 복사하고 수동으로 데이터를 복구한다. 본 연구에서는 Fig. 2의 (b)와 같이 통신 두절시 현장 시스템에 자동으로 데이터를 저장, 통신이 재개되면 데이터베이스 서버로 통신망을 통해 저장된 데이터를 전송하고 데이터를 자동 복구하여 통신두절로 인한 데이터 손실을 방지하고 추후 중장기 물관리 계획을 수립할 소중한 자료로 활용한다. 통신 두절 시 현장 시스템이 수위 변화와 수문 개도율 등 계측, 감시 데이터를 자체 메모리에 저장하고, 통신 재개 시 관리자에게 알리고 자체 메모리에 저장된 데이터를 중앙 시스템의 데이터베이스로 전송하며, 현장 시스템을 자동 복구하도록 한다.



(a) Old-style data recovery



(b) Data recovery method in this study

Fig. 2 Comparison of data recovery methods

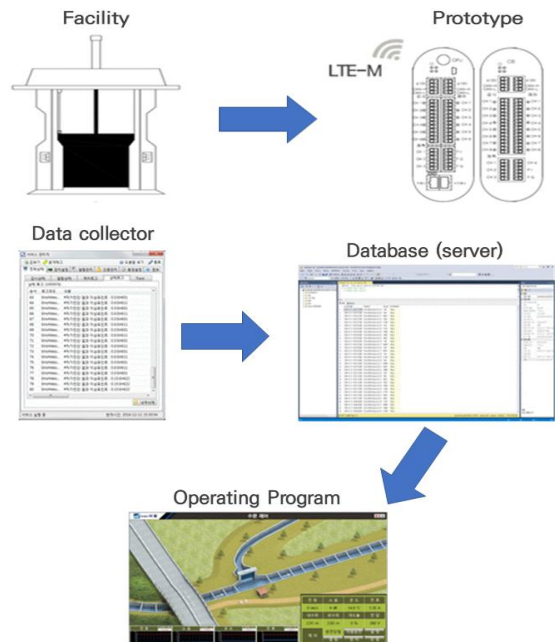


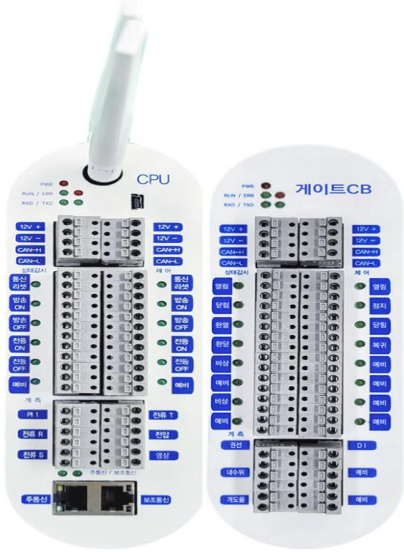
Fig. 3 Prototype operation flow chart

3. 통신 두절시 데이터 자동복구 연구

3.1 원격관리 시스템(Prototype) 운영흐름

Fig. 3은 프로토타입 (Prototype)으로 전달 현장 시설물에서 발생하는 데이터를 전기신호로 변환하여 중앙관리소 서버의 데이터 수집기로 전송하고, 설정한 형식에 따라 수집된 데이터는 서버의 데이터베이스(DB)에 저장하여 사용자 PC의 운영 프로그램을 실행시키면 데이터 수집기를 통해 수집된 실시간 데이터와 서버에 누적된 데이터베이스(DB)를 통해 시설물 운영관리 수행한다.

Table 1 Prototype photos and specifications

Photos

Prototype Specifications
<ul style="list-style-type: none"> ■ CPU : 32Bit ■ RAM : 128MB ■ ROM : 1MB(Program Storage) ■ Flash Memory : Standard 1GB(Data Storage), Capacity expansion when SD card is inserted ■ External Communication : LTE-M, Ethernet ■ Internal Communication : CAN(Controller Area Network)

- Number of input/output points of CPU module
- DI 8CH, DO 8CH, AI 4CH, PI 1CH
- Digital Input : AC 220V
- Digital Output : DRY CONTACT
- Analogue Input : 4~20mA or 1~5V, Resolution 12Bit
- Operating Power : DC12V
- Size : 68mm(W)×245mm(H)×140mm(D)

3.2 원격관리 시스템(Prototype) 내부 펌웨어 설계

통신 두절시 데이터 자동저장부의 펌웨어 최적설계로 Fig. 4와 같이 통신두절 감지 프로세스 동작하고, NAND 메모리와 매칭된 원형메시지 큐 생성한다. 설정된 주기로 입출력(I/O) 데이터 수집하여야 하며, 데이터 포맷 구성(Date, Time, Raw Data)하고, 생성된 원형메시지 큐로 전송하여 데이터를 저장한다.^[11-16]

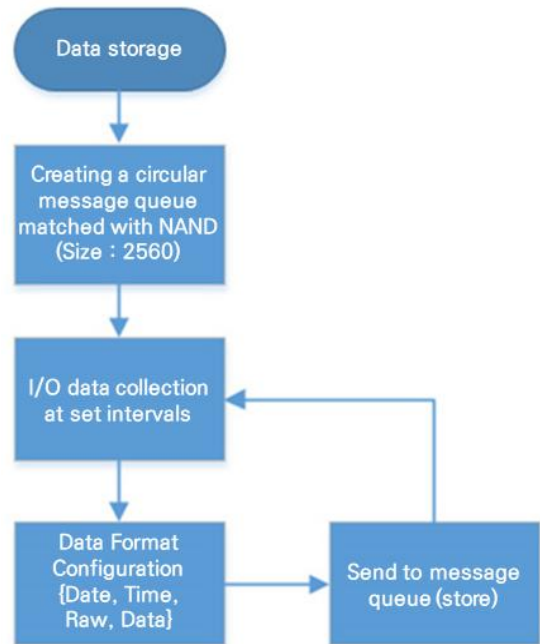


Fig. 4 Flowchart of data storage in case of communication loss

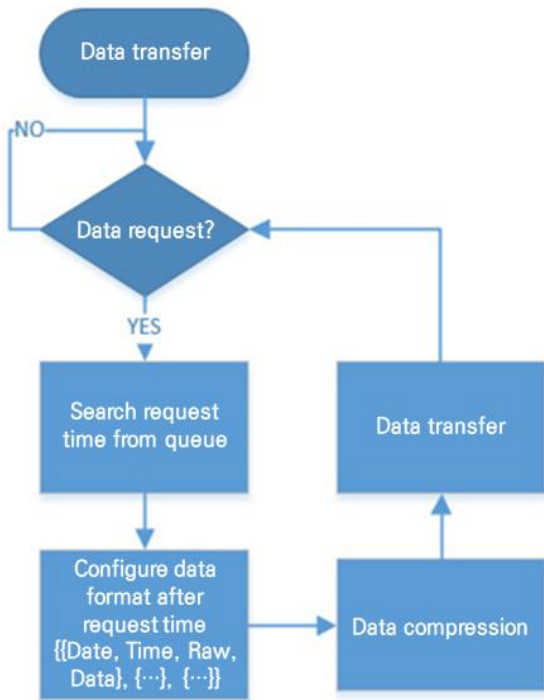


Fig. 5 Communication restart data transfer flow chart

통신 재개시 데이터 자동 전송부 펌웨어 최적설계로 Fig. 5와 같이 통신 재개 감지 프로세스 동작하고, 데이터베이스 서버로부터 데이터 요청 수신 유무 확인하여야 하며, 데이터 요청이 있을 경우 큐에서 요청시간 검색하고, 요청시간 이후 데이터 포맷 구성({Date, Time, Raw Data}, {...}, {...})하며, 데이터 압축(ZIP) 수행하여 데이터를 전송 시작한다.

통신 재개시 데이터 자동 복구부 펌웨어 최적설계로 Fig. 6과 같이 통신 두절 시간을 서버에 저장하고, 통신이 재개시 저장된 통신두절 시간을 서버로부터 프로토타입(Prototype)으로 전달하며, 프로토타입(Prototype)으로부터 누적된 데이터가 서버로 전송되면 데이터를 시간별로 분리하며, 서버는 분리한 데이터 중 연속된 시간 중에 계속되는 동일한 값은 삭제하여 입력 데이터 크기를 줄인다. 정제된 데이터를 데이터베이스 쿼리문 형태로 가공하여 쿼리문을 사용하여 데이터베이스에 입력하여 데이터를 전송 시작한다.

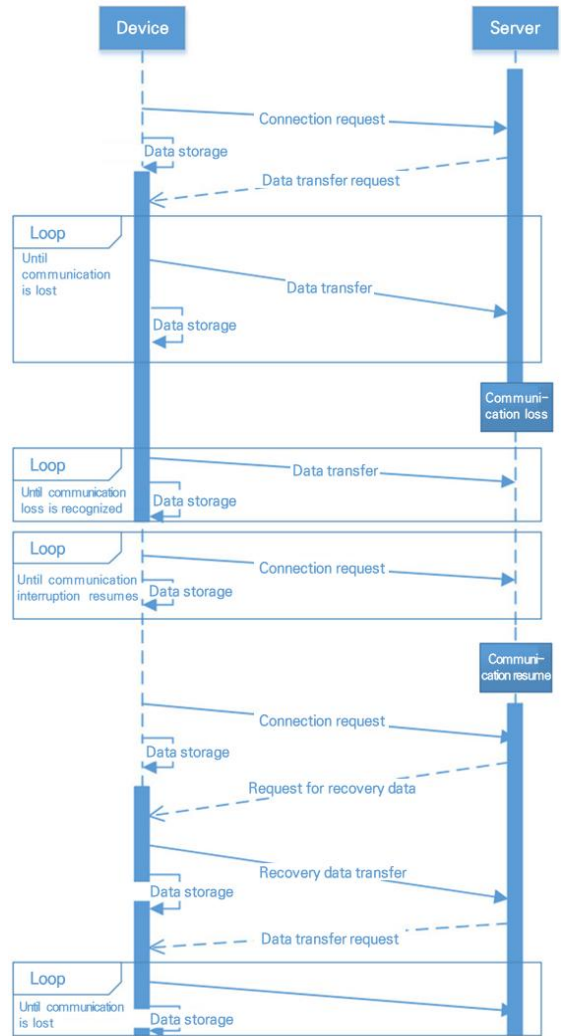


Fig. 6 Data automatic recovery flow chart when communication resumes

4. 데이터 자동복구 시험 및 결과

4.1 통신 두절시 데이터 자동저장부 시험 및 결과

시험을 위한 적용내용은 펌웨어 코딩 후 프로토타입 내 메모리에 포팅하였고, 시험목표는 통신두절시 프로토타입 (Proto type) 내 메모리에 데이터가 저장되어야 한다. 시험절차는 다음과 같다.

- ①프로토타입(Prototype)의 사물인터넷(IoT) 통신모듈에서 USIM 칩을 제거하여 통신을 두절시키고 통신두절 상태의 프로그램 화면을 확인한다.
 - ②데이터가 전송되어 오지 않는 데이터베이스 (MS-SQL) 로그 화면을 확인한다.
 - ③프로토타입(Prototype) 내 메모리에 데이터가 저장되는 프로그램 화면 (Debug Tool)을 확인한다.
- 시험결과는 다음과 같다. 통신 두절시 Fig. 7과 같이 사용자 PC의 운영프로그램 화면에는 통신두절 상태가 표시되고 각종 현장 계측값이 나타나지 않았다. Fig. 8과 같이 통신 두절시 데이터베이스 서버에는 두절 시간 동안 데이터 값이 수집되지 않아 데이터가 표출되지 않았다. Fig. 9와 같이 프로토타입 (Prototype) 내 메모리에 데이터가 저장된 내용을 확인하였다.



Fig. 7 Communication loss status program screen

SCANTIME	TAGKEY	VALUE	EXTRINF0
2018-12-11 11:11:03.000	EACxEMSVrSub.AL.2.18	1872	NULL
2018-12-11 11:11:03.000	EACxEMSVrSub.AL.2.16	17722	NULL
2018-12-11 11:11:02.000	EACxEMSVrSub.AL.2.18	1840	NULL
2018-12-11 11:11:02.000	EACxEMSVrSub.AL.2.17	46216	NULL
2018-12-11 11:10:59.000	EACxEMSVrSub.AL.0.13	43897	NULL
2018-12-11 11:10:57.000	EACxEMSVrSub.AL.2.19	1136	NULL
2018-12-11 11:10:57.000	EACxEMSVrSub.AL.2.18	1872	NULL
2018-12-11 11:10:57.000	EACxEMSVrSub.AL.0.13	44016	NULL
2018-12-11 11:10:55.000	EACxEMSVrSub.AL.2.19	1120	NULL
2018-12-11 11:10:55.000	EACxEMSVrSub.AL.2.18	1888	NULL
2018-12-11 11:10:55.000	EACxEMSVrSub.AL.2.17	46202	NULL
2018-12-11 11:10:55.000	EACxEMSVrSub.AL.2.16	17736	NULL
2018-12-11 11:10:53.000	EACxEMSVrSub.AL.2.17	46230	NULL
2018-12-11 11:10:53.000	EACxEMSVrSub.AL.2.16	17750	NULL
2018-12-11 11:10:53.000	EACxEMSVrSub.AL.0.15	41191	NULL
2018-12-11 11:10:51.000	EACxEMSVrSub.AL.2.19	1136	NULL
2018-12-11 11:10:51.000	EACxEMSVrSub.AL.2.17	46202	NULL

Fig. 8 Database log program screen

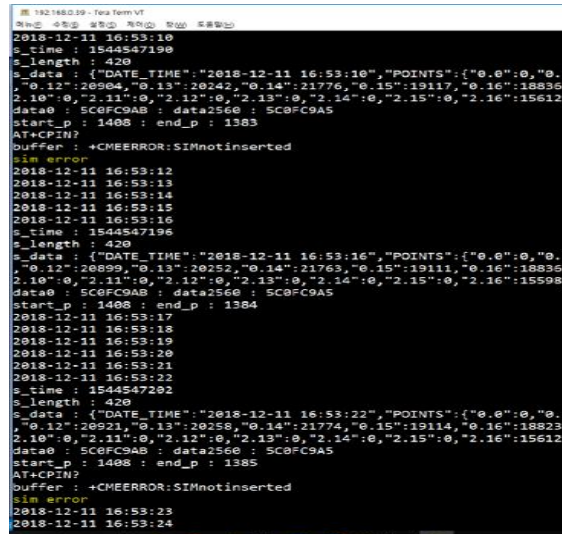


Fig. 9 In-memory data storage confirmation program (Debug Tool) screen

4.1 통신 재개시 데이터 자동전송 및 복구부 시험 및 결과

시험을 위한 적용내용은 펌웨어 코딩 후 프로토타입 내 메모리에 포팅하였고, 시험목표는 통신재개시 프로토타입(Prototype) 내 메모리에 저장된 데이터가 통신망을 통해 데이터베이스 서버로 전송하고 자동 복구되어야 한다. 시험절차는 다음과 같다.

- ①프로토타입(Prototype)의 사물인터넷(IoT) 통신모듈에서 USIM 칩을 3시간 동안 제거한 후 다시 삽입한다.
- ②정상 통신상태의 프로그램 화면을 확인한다.
- ③통신두절 시간동안 누락된 데이터가 프로토타입 (Prototype) 내 메모리에 저장된 후 데이터가 전송되어 자동 복구된 데이터베이스 (MS-SQL) 로그 화면을 확인한다.
- ④자동 복구된 데이터베이스 (MS-SQL) 로그를 엑셀파일로 추출한 화면을 확인한다.

시험결과는 다음과 같다. 프로토타입(Prototype)의 사물인터넷(IoT) 통신모듈에서 USIM 칩을 Fig. 10과 같이 3시간 동안 제거한 후 다시 삽입하였다. 통신재개시 Fig. 11과 같이 사용자 PC의 운영프로그램 화면에 각종 현장 계측값이 표출되는 것을 확인하였다. 통신 두절 시간 동안 누락 된 데이터가 프로토타

입 (Prototype) 내 메모리에 저장된 후 데이터가 전송되어 Fig. 12와 같이 자동 복구된 데이터베이스 (MS-SQL) 로그를 확인하였다. 통신두절 시간동안 누락된 데이터가 자동 복구된 데이터베이스 (MS-SQL) 로그를 Fig. 13과 같이 엑셀파일로 추출하여 확인하였다.



Fig. 10 Time elapsed from USIM chip removal to reinsertion(3 hours)



Fig. 11 Communication loss status program screen

SCAN TIME	TAGKEY	VALUE	EXTRINFO
2018-12-11 16:50:22.000	EACxEMSVrSub.AI.2.16	15612	NULL
2018-12-11 16:50:22.000	EACxEMSVrSub.AI.0.15	19123	NULL
2018-12-11 16:50:22.000	EACxEMSVrSub.AI.0.14	21796	NULL
2018-12-11 16:50:22.000	EACxEMSVrSub.AI.0.13	20255	NULL
2018-12-11 16:50:20.000	EACxEMSVrSub.AI.2.16	15620	NULL
2018-12-11 16:50:18.000	EACxEMSVrSub.AI.2.19	1160	NULL
2018-12-11 16:50:18.000	EACxEMSVrSub.AI.2.17	46313	NULL
2018-12-11 16:50:18.000	EACxEMSVrSub.AI.2.16	15612	NULL
2018-12-11 16:50:18.000	EACxEMSVrSub.AI.0.16	19895	NULL
2018-12-11 16:50:18.000	EACxEMSVrSub.AI.0.14	21766	NULL
2018-12-11 16:50:18.000	EACxEMSVrSub.AI.0.13	20264	NULL
2018-12-11 16:50:18.000	EACxEMSVrSub.AI.0.12	20899	NULL
2018-12-11 16:50:16.000	EACxEMSVrSub.AI.2.19	1200	NULL
2018-12-11 16:50:16.000	EACxEMSVrSub.AI.2.18	1952	NULL
2018-12-11 16:50:16.000	EACxEMSVrSub.AI.2.17	46259	NULL
2018-12-11 16:50:16.000	EACxEMSVrSub.AI.2.16	15526	NULL
2018-12-11 16:50:14.000	EACxEMSVrSub.AI.2.19	1168	NULL
2018-12-11 16:50:14.000	EACxEMSVrSub.AI.0.12	20911	NULL
2018-12-11 16:50:12.000	EACxEMSVrSub.AI.2.18	1956	NULL
2018-12-11 16:50:12.000	EACxEMSVrSub.AI.2.17	46313	NULL
2018-12-11 16:50:12.000	EACxEMSVrSub.AI.0.14	21788	NULL
2018-12-11 16:50:12.000	EACxEMSVrSub.AI.0.13	20257	NULL
2018-12-11 16:50:10.000	EACxEMSVrSub.AI.2.19	1184	NULL
2018-12-11 16:50:10.000	EACxEMSVrSub.AI.2.18	1952	NULL
2018-12-11 16:50:10.000	EACxEMSVrSub.AI.0.14	21766	NULL

Fig. 12 Log screen in which data lost during communication interruption time(3 hours) is recovered

Fig. 13 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)

5. 결론

본 연구에서는 통신 두절 시에도, 지속적으로 수리시설물의 제어를 설정된 시나리오로 시설물을 운영하고 운영 정보를 프로토타입 (Prototype)의 메모리에 자체 저장함으로써, 데이터의 손실을 방지하였다. 또한, 통신 재개시, 프로토타입 (Prototype)의 메모리에 저장된 통신 두절 시점부터의 동작 결과 정보를 중앙서버로 제공함으로써, 통신 재개에 따른 데이터 중복 전송 방지가 가능함과 동시에 관리자는 수리시설물들의 통신 두절시의 동작 결과 정보도 확인할 수 있게 됨으로써, 현장과의 통신 상태와는 상관없이 자동운전 이력 정보의 손실 없이 확인하였고, 자동복구에 대한 최적설계 기술을 확립하였다.

후기

이 논문은 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음(2019).

REFERENCES

1. Ahn, T. H., "A water installations remote control apparatus for containing site data compensating function", Patent Registration, 2018.
2. 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.
3. Song, B. T., "Technology of Sensors with Human Sensitivity," jkiiect, Vol. 8 No. 6, pp. 507-514, 2015.
4. Jung, S. H., Lee, J. H., "Development on unmanned automated system at hot Forging work," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 12, No. 5, pp. 163-169, 2013.
5. 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," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 11, No. 6, pp. 130-138, 2012.
6. Kim, T. H., Kwon, S. J., "A Study on the Development of a Specialized Prototype End-Effector for RDSs(Robotic Drilling Systems)," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 12, No. 6, pp. 132-141, 2013.
7. Shim, B. K., Han, S. H., "Wireless Communication Real-Time Travelling Control of Mobile Robot by Voice Command," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 10, No. 6, pp. 33-38, 2011.
8. Jung, Y. S., Kim J. Y., Lee, G. I., Moon, K. Y., "Development of the remote control, integrated lighting system," Proceeding of KSMPE 2016 Fall Conference, pp. 87-87, 2016.
9. Lee, S. C., Kong, J. H., Lee, S. C., "Hot Forging Analysis of Rotor Grip with Titanium Alloy for Unmanned Helicopter," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 10, No. 2, pp. 96-103, 2011.
10. Sim, H. S., Lee, M. K., Lee, K. Y., "A Development Study on an Engine Control Module of an Electronic Marine Diesel Engine," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 5, pp. 133-140, 2015.
11. Kim, H. J., "Experimental Study on Thermal Analysis of Steering Control ECU Structure for Electric Vehicles," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 5, pp. 113-119, 2015.
12. 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," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 6, pp. 129-135, 2015.
13. 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 Disasters" Vol. 16 No. 1, pp. 141-148, 2015.
14. Kim, G. B., Park, S. M., Kim, I. S., "Tuning of PID Controller for Hydraulic Positioning System Using Genetic Algorithm," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 15, No. 3, pp. 93-101, 2016.
15. Ahn, T. H., "A Study on Actual Condition of Disruption of Remote Control System based Communications of Disaster Response Facilities, and on Improvement Plans", 2019.
16. 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.