

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2019.5.3.263

JCCT 2019-8-34

중장비 상태 감시를 위한 디스플레이 시스템 구현에 대한 연구

A Study on Realization of Display System for Monitoring of Heavy Equipment State

김기환*

Kee Hwan Kim*

요약 본 연구에서는 붐 길이를 측정할 수 있는 센서, 붐 및 로더의 좌우측의 경사를 측정할 수 있는 각도센서 그리고 리프팅 시 무게를 측정할 수 있는 로드셀 등의 여러 센서를 장착한 다목적 로더의 특성과 운행에 관련된 데이터 값을 디스플레이하는 시스템을 구현하였다. 시스템의 구성은 다음 각종 센서로부터 값을 읽어와 이를 차량제어기에 보내고 제어기에서 계산한 전복률 결과와 기타 중요한 정보를 디스플레이 장치에 CANOpen 프로토콜을 이용하여 전달하게 하였다. 또한 전복률 계산에 있어서는 다목적 로더의 구조가 중장비에 속하는 크레인의 구조와 비슷하여 크레인 전복률 계산방식을 사용하였으며 좌우 경사도에 따른 전복 위험성은 실험을 통하여 전복가능성이 있는 좌우 경사각을 추출하였다. 본 연구를 통하여 중장비 차량의 상태를 관찰하며 전복 등의 비상 상황을 디스플레이 장치를 통해 사전 인지할 수 있게 하였다.

주요어 : 다목적 로더, 모니터링 시스템, CANOpen 프로토콜, 전복률, 센서

Abstract In this study, the characteristics and operation of a multi-purpose loader equipped with various sensors such as a sensor capable of measuring the boom length, an angle sensor capable of measuring the tilt of the left and right sides of the boom and the loader, and a load cell capable of measuring the weight during lifting. We have implemented a system that displays related data values. The configuration of the system reads the values from the sensors, sends them to the vehicle controller, and transmits the calculated results of the overturn rate and other important information to the display device using the CANOpen protocol. Also, in the calculation of the overturn ratio, the structure of the multi-purpose loader is similar to that of the crane belonging to the heavy equipment, and the crane overturn rate calculation method is used. Through this study, we can observe the condition of the heavy equipment and recognize the emergency situations such as abalone through the display device.

Key words : Multi-purpose Loader, Monitoring System, CANOpen Protocol, Overturn Ratio, Sensors

1. 서 론

현대 사회는 IT기술의 발전으로 필요할 때나 상시적

으로나 상태를 감지할 수 있다. 또한 감지한 상태를 필요에 의해 제어할 수 있는 시스템을 요구한다. 다양하고 기능이 우수한 센서가 보급되고 센서와 액츄에이터 간의

*정회원, 세명대학교 전자공학과 교수
접수일: 2019년 5월 13일, 수정완료일: 2019년 6월 5일
게재확정일: 2019년 7월 8일

Received: May 13, 2019 / Revised: June 05, 2019

Accepted: July 08, 2019

*Corresponding Author: khkim@semyung.ac.kr

Dept. of Electronic Engineering, Semyung Univ, Korea

통신방법이 보편화되면서 이를 IoT 즉, 사물인터넷이란 이름으로 감시와 제어가 동시에 이루어진다. 이러한 감시하는 시스템을 모니터링 시스템이라 한다. 이런 모니터링 시스템에 제어 기능이 추가된 기술이 우리 주변에 많이 적용된 것을 볼 수가 있다.

특히 요즘 대두되는 지능형 자율 자동차와 같은 분야에서는 모니터링 시스템이 없어서는 안될 분야로 자리 잡고 있다. 이러한 기술을 중장비 시스템에도 적용하여 장비의 상태를 상시적으로 모니터링하고 필요 시 그에 알맞은 제어가 이루어져야한다. 이를 기반으로 중장비 차량의 고장과 전복과 같은 작업 시 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지할 수 있어야 한다.

본 연구에서는 중장비 차량의 축소판인 농축산 분야 그리고 소규모의 건설현장에서도 사용이 가능한 다목적 로더의 상태 모니터링 시스템을 구현하였다[1][2][3].

II. 시스템구성

중장비 차량의 상태를 모니터링하기 위하여 그림 1과 같은 다목적 차량인 유원산업의 전복 시에 사람을 보호해 줄 수 있는 구조인 ROPS (Rollover Protection Structure)를 가진 다목적 로더를 그 대상으로 본 연구를 진행하였다. 이 ROTS는 대부분의 중대형 트랙터 그리고 중장비에 달려있는 구조체이다.



그림 1. 전복 시 보호 구조가 설치된 다목적 로더
Figure 1. Rollover Protection Structured Multi-Purpose Loader

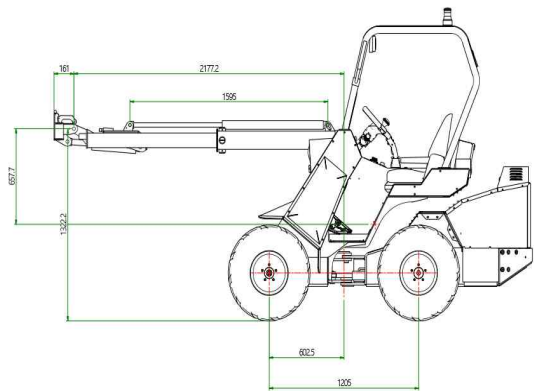


그림 2. 다목적 로더 크기
Figure 2 Dimension of Multi-Purpose Loader

그림 1에서 보는 바와 같이 다목적 로더는 일반적인 크레인인 갖고 있는 붐과 말단에는 로더버킷, 지게발, 베일집게, 앵글브루, 브레이드, 미니백호, 오거드릴, 톤백, 제설브러쉬 등을 부착시킬 수 있는 구조로 되어있다. 또한 후면에는 카운트 웨이트를 장착하여 리프팅 무게를 늘릴 수 있게 하였다. 본 연구에 사용된 로더의 최대 리프팅은 800kg이다.

1. 모니터링 시스템의 전반적인 구성 개요

본 연구에서는 다목적 로더의 특성과 관련된 붐 길이를 측정할 수 있는 센서, 붐 및 로더의 좌우측의 경사를 측정할 수 있는 각도센서 그리고 리프팅 시 무게를 측정할 수 있는 로드셀을 기본적으로 사용하였다.

시스템의 구성은 다음 그림 3과 같이 차량에 부착된 각종 센서로부터 값을 읽어와 이를 차량제어기에 보내고 제어기에서 계산한 전복률 결과와 기타 중요한 정보를 디스플레이 모듈인 HMI (Human-Man-Interface)에 차량에서 많이 사용하는 CANOpen프로토콜을 이용하여 전달하게 하였다. 또한 디스플레이 모듈에 탑재되어있는 블루투스 모듈을 통하여 휴대폰 앱으로 정보를 주고받게 구성하였다[4].

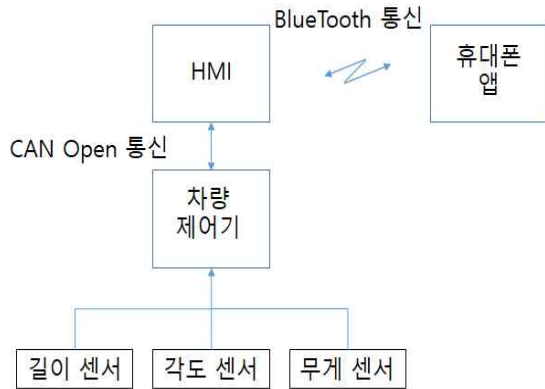


그림 3. 시스템구성도
 Fig. 3 System Diagram



그림 4. 디스플레이 스크린
 Figure 4 Display Screen

각종 동작 센서에서의 정보값을 차량 제어장치로 보내면 이를 제어장치에서 통신모듈을 통해 데이터 수집장치와 디스플레이 장치로 보낸다. 이로써 사용자가 차량의 상태를 정확하게 인지할 수 있으며 정상적인 경우가 아닌 비정상적인 결함이 발생할 경우에는 36종류의 고장 코드가 제작사로 메시지의 형태로 자동으로 보내지며 동시에 휴대폰 앱을 통하여 고장내용에 대한 간단한 설명을 볼 수 있게 하였다[5].

2. 원격 진단 시스템의 고장 분류

모니터링 되는 정보는 모두 18개이며 이는 기본적인 조작 상태의 표시, 엔진 및 주행상태 그리고 차체 자세와 안전에 관한 부분으로 나누어져 있다.

기본적인 조작 상태에 대한 디스플레이는 작업등 표시, 리모콘 작동 표시, 연료량 및 연료 경고등, 블루투스 연결 표시, 방향지시등 및 전조등, 현재시간표시이며 엔진 및 주행상태에 대한 메뉴는 엔진 RPM표시, 비상정지 표시, 주행 정속표시, 주행 1, 2, 3 단 표시, 작업시간 표시, 주행 4륜 구동 표시가 있다. 또한 차체 자세 및 안전에 관한 디스플레이로는 고장 시 에러코드 표시, 버킷 자동수평 표시, 좌/우측 경사도 경고 표시, 전/후방 경사도 경고 표시, 사용자 추가 옵션 기능이 있다. 또한 전복 가능성에 대해서는 전복률을 계산하여 전복률이 100% 이상인 경우 이를 소리로도 경고를 하도록 하였다.

- 1) 고장 시 에러코드 표시는 다목적 로더 차량의 각종 고장을 에러코드로 표시하며 이는 표 1에 나타내었다.
- 2) 전/후방 경사도 경고 표시등은 전/후방 경사도 20° 이상일 경우 점등하며
- 3) 좌/우측 경사도 경고 표시등 역시 좌/우측 경사도 20° 이상일 경우 점등된다.
- 4) 주행 1, 2, 3단 표시등은 각 주행 기어 단에 의해 표시되며 주행 1단은 험로작업 시 권장하고 주행 2단은 저속주행 및 작업주행 시 권장한다. 주행 3단은 고속주행 및 도로주행 시 권장된다.
- 5) 비상정지 표시등은 비상 정지 스위치가 눌렀을 때 점등된다.
- 6) 작업등 표시등은 작업등 스위치 ON 시 점등되며
- 7) 리모콘 작동 표시등은 리모콘 동작 시 점등된다.
- 8) 주행 4륜 구동 표시등은 주행 4륜 구동 스위치 ON 시 점등되며
- 9) 정속 주행 (크루즈 모드) 표시등은 정속 주행 (크루즈 모드) 스위치 ON 시 점등되도록 하였다.
- 10) 사용자 추가 옵션 표시등은 사용자 옵션 스위치 ON 시 점등한다.
- 11) 버킷 Free 표시등은 버킷 Free 스위치 ON 시 점등하며
- 12) 블루투스 연결 표시등은 사용자 휴대폰과 다목적 차량 블루투스 연결 시 점등한다.
- 13) 연료량 및 연료 경고등은 연료 잔량을 %로 표시하며 연료 잔량 10%미만 시 점등되며
- 14) 방향 지시등 및 전조등은 방향지시등 및 미등, 전조등, 그리고 상향등이 ON 되었을 때 해당 등이 점등된다.

표 1. 고장코드 및 내역

Table 1. Error Code Message

번호	고장 내역
1	컨트롤러 고장 : 컨트롤러 고장, DC16V 이상 과전압, 온도 -30°이하 또는 85° 이상
2	차량 각도센서 고장 : CAN통신 배선 및 전원 이상
3	디스플레이 고장 : CAN통신 배선 및 전원 이상
4	하부 CAN I/O 모듈 고장 : CAN통신 배선 및 전원 이상
5	리모콘 고장 : 송신기의 CAN통신 배선 및 전원 이상
6	붐 길이센서 고장 : CAN통신 배선 및 전원 이상
7	붐 각도센서 고장 : CAN통신 배선 및 전원 이상
8	중량 표시 고장 : CAN통신 배선 및 전원 이상
9	어태치먼트A/B 조이스틱 초기진단 고장 : 전원 키 ON 시 어태치먼트 조이스틱 아날로그 입력 이상
10	버킷 상승/하강 조이스틱 초기진단 고장 : 전원 키 'ON' 시 버킷 상승/하강 조이스틱 아날로그 입력 이상
11	붐 상승/하강 조이스틱 초기진단 고장 : 전원 키 'ON' 시 붐 상승/하강 조이스틱 아날로그 입력 이상
12	붐 인입/인출 조이스틱 초기진단 고장 : 전원 키 'ON' 시 붐 인입/인출 조이스틱 아날로그 입력 이상
13	전진 페달 초기진단 고장 : 전원 키 'ON' 시 전진 페달 아날로그 입력 이상
14	후진 페달 초기진단 고장 : 전원 키 'ON' 시 후진 페달 아날로그 입력 이상
17	주행 시 전진 페달 고장 : 주행 전진 시 페달 스위치 입력과 아날로그 입력 이상
18	주행 시 전진 페달 고장 : 주행 전진 시 페달 아날로그 입력 이상
19	주행 시 후진 페달 고장 : 주행 후진 시 페달 스위치 입력과 아날로그 입력 이상
20	주행 시 후진 페달 고장 : 주행 후진 시 페달 아날로그 입력 이상
21	어태치먼트 A/B 조이스틱 조작 시 고장 : 어태치먼트 조이스틱 조작 시 아날로그 입력 이상
22	버킷 상승/하강 조이스틱 조작 시 고장 : 버킷 조이스틱 조작 시 아날로그 입력 이상
23	붐 상승/하강 조이스틱 조작 시 고장 : 붐 상승/하강 조이스틱 조작 시 아날로그 입력 이상
24	붐 인입/인출 조이스틱 조작 시 고장 : 붐 인입/인출 조이스틱 조작 시 아날로그 입력 이상
25	주행 전진 유압제어 밸브 코일 고장 : 주행 전진 유압제어 밸브 코일 단선 및 합선 이상
26	주행 후진 유압제어 밸브 코일 고장 : 주행 후진 유압제어 밸브 코일 단선 및 합선 이상
27	붐 상승 유압제어 밸브 코일 고장 : 붐 상승 유압제어 밸브 코일 단선 및 합선 이상
28	붐 하강 유압제어 밸브 코일 고장 : 붐 하강 유압제어 밸브 코일 단선 및 합선 이상
29	붐 인출 유압제어 밸브 코일 고장 : 붐 인출 유압제어 밸브 코일 단선 및 합선 이상
30	붐 인입 유압제어 밸브 코일 고장 : 붐 인입 유압제어 밸브 코일 단선 및 합선 이상

31	버킷 상승 유압제어 밸브 코일 고장 : 버킷 상승 유압제어 밸브 코일 단선 및 합선 이상
32	버킷 하강 유압제어 밸브 코일 고장 : 버킷 하강 유압제어 밸브 코일 단선 및 합선 이상
33	어태치먼트1A 유압제어 밸브 코일 고장 : 어태치먼트 1A 유압제어 밸브 코일의 단선 및 합선 이상
34	어태치먼트1B 유압제어 밸브 코일 고장 : 어태치먼트 1B 유압제어 밸브 코일의 단선 및 합선 이상
35	어태치먼트2A 및 조항 A 유압제어 밸브 코일 고장 : 어태치먼트 2A 및 조항 A 유압제어 밸브 코일의 단선 및 합선 이상
36	어태치먼트2B 및 조항 B 유압제어 밸브 코일 고장 : 어태치먼트 2B 및 조항 B 유압제어 밸브 코일의 단선 및 합선 이상

15) 엔진 및 배터리 경고등은 일반 자동차에서와 같이 배터리 충전이 되고 있지 않거나 10V미만으로 떨어졌을 시 배터리 경고등이 점등되며 엔진오일 부족 시 엔진오일 경고등이 엔진 예열 시 엔진 예열이 그리고 냉각수 온도 105° 이상 시 냉각수 경고등이 점등되도록 하였다.

16) 현재시간과 시동 ON 후 엔진의 작업시간은 현재 시간 표시와 작업시간 표시등으로 표시된다.

17) 엔진 RPM 표시는 현재 차량엔진의 RPM을 표시한다.

18) 고객의 요구에 따라 추가적인 기능이 있을 경우에 대비하여 사용자 추가 옵션 기능등도 포함시켰다.

3. CANOpen 프로토콜

다목적 로더의 컨트롤러와 모니터링을 위한 HMI와의 통신은 일반적으로 많이 사용하는 CAN 통신을 사용하였다. 이를 위한 프로토콜은 이미 다목적 로더의 고장진단에서 사용한 CANOpen Protocol을 사용하였다. [5]

CANOpen프로토콜을 이용한 모니터링 프로토콜은 다음의 그림 5와 같다.

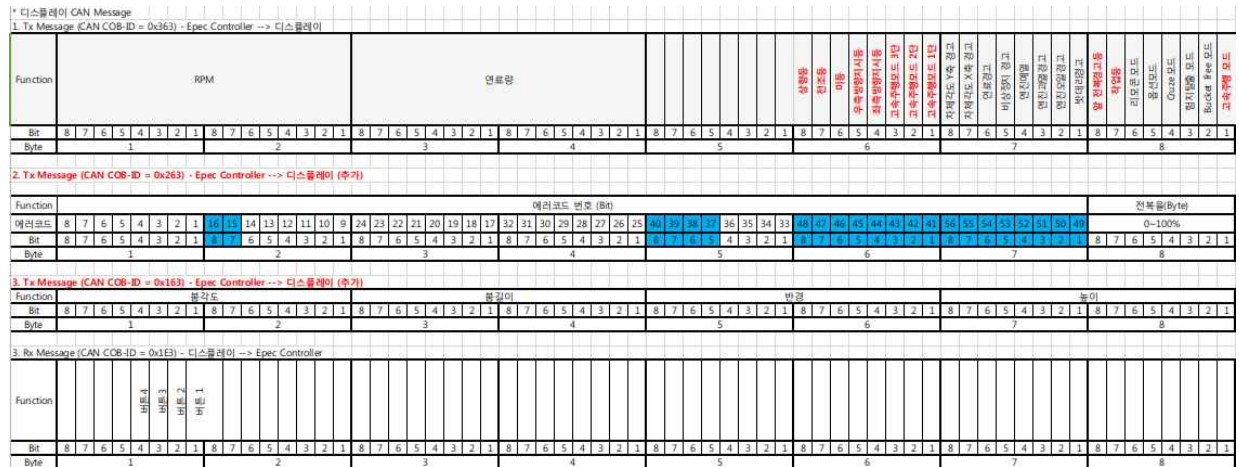


그림 5. CAN Open 프로토콜 [5]
 Figure 5. CAN Open Protocol [5]

4. 전복률계산 및 전복 가능성 경고 장치

전복 가능성 경고 장치는 로더의 과부하 및 전도 모멘트를 검출하여 전복 또는 기타 사고를 예방하는 장치로 붓의 길이와 작업각도와 밀접한 상관관계가 있다. 전도 사고를 방지하기 위해서는 정확한 로더의 중심 모멘트 측정이 매우 중요하다. 로더의 중심 모멘트를 실시간으로 측정하려면 로드셀을 이용하여 측정하는 위치 및 하중의 크기 등에 따라 복잡한 관계식을 이용하여야 한다.[6] 본 연구에서는 문제의 해결을 간단하게 하기 위하여 복잡한 실시간 측정 계산방식이 아닌 실험방식에 의한 좌우 및 상하 경사도 등을 조사하여 적용하였다.

작업반경에 의한 전복률 계산은 다목적 로더의 구조상 일반 고소작업차와 구조가 비슷하여 고소작업차에 적용하는 전복률계산 방식을 채택하였다. 일반적으로 전복률은 고소작업차의 반경인 스윙포스트 중심부터 버킷 끝부분까지의 거리와 붓의 최대 인출 거리와의 관계로 계산이 된다.

작업반경 계산은 식 (1)로 산출할 수 있다.

$$\text{작업반경} = \cos(\theta/180 \times \pi) \times A + B \quad (1)$$

여기서,

- θ = 붓각도,
- A = 스윙 포스트 중심부터 버킷전 포인트까지 거리
- B = 버킷 폭 길이

이다.

식 (1)에서 계산한 값으로 식 (2)와 같이 전복률을 산출할 수 있다.

$$\text{전복률} = \frac{\text{작업반경}}{\text{최대 인출반경}} \times 100 \quad (2)$$

전복률이 100% 이상인 경우엔 붓 인출 및 붓 하강을 제한함으로써 차체전복을 막을 수 있다.

III. 구현 및 결과

본 연구에서는 특장차량의 유압 컨트롤러인 EPEC사의 E30B 3606 CAN 컨트롤러와 다스사의 DMI-5S 산업용 디스플레이 장치로 모니터링 시스템을 구현하였다.

DMI-5S 산업용 디스플레이 장치는 WVGA(800x480, 5:3)의 해상도와 600cd의 5인치 TFT LCD이며 CAN-RS232 데이터 통신을 지원한다. 내부 프로세서로는 ARM Cortex M4를 갖고 있으며 터치스크린 및 8개의 버튼 키패드를 입력장치로 사용한다. 또한 C언어 중심 제어 프로그래밍으로 기존 코드 및 라이브러리를 활용할 수 있는 장점이 있다[7].

EPEC사의 E30B 3606 CAN 컨트롤러는 16/32비트 CPU를 내장하고 있으며 CODESYS V2.3으로 프로그래밍할 수 있다. 또한 하드웨어적인 인터페이스로 CAN 2.0B를 사용하여 중장비 및 전자, 유압 제어를 위한 컨트롤러로 적합한 장비이다[8][9].

그림 6은 Visual TFT와 GUI 프로그래밍 화면을 캡처한 것이며 그림 7은 E30B 3606 CAN 컨트롤러와 연결한 실험환경 구축 사진이다.

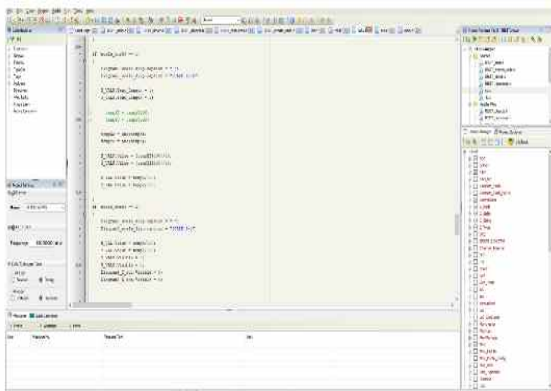


그림 6. Visual TFT와 GUI 프로그래밍 화면 [7]
Figure 6 Visual TFT and GUI Programming Screen [7]



그림 7. 실험용 테스트 지그
Figure 7 Test Jig for Experiment
<https://epec.fi/products/control-system-products-3606/>

그림 8은 붐 길이 센서값과 측정값과의 비교를 위해 실측하는 그림이며 센서값이 디스플레이 장치에 제대로 전송되는가의 여부를 살펴보는 실험사진이다.



그림 8. 실측 및 디스플레이
Figure 8. Actual Measurement and Display

그림 9는 붐의 길이와 각도 그리고 하중에서의 정확한 데이터 전송이 가능한지를 실험한 사진이다.



그림 9. 붐 길이, 각도 및 하중에 따른 데이터 전송
Figure 9. Data Transmission for Length, Angle and Payload of the Boom



그림 10. 전복률이 100% 이상인 경우의 바퀴 들림 현상
Figure 10. Wheel Lifting Phenomenon When the Overturn Rate is 100% or More

또한 그림 10은 전복률이 100% 이상 일 때의 바퀴 들림 현상을 나타낸 것이다.

IV. 결 론

본 연구에서는 붐 길이를 측정할 수 있는 센서, 붐 및 로더의 좌우측의 경사를 측정할 수 있는 각도센서 그리고 리프팅 시 무게를 측정할 수 있는 로드셀 등의 여러 센서를 장착한 다목적 로더의 특성과 운행에 관련된 데이터 값을 디스플레이하는 시스템을 구현하였다.

시스템의 구성은 다음 각종 센서로부터 값을 읽어와 이를 차량제어기인 EPEC사의 E30B 3606 CAN 컨트롤러에 보내고 제어기에서 계산한 전복률 결과와 기타 중요한 정보를 다스사의 DMI-5S 산업용 디스플레이 장치에 CANOpen 프로토콜을 이용하여 전달하게 하였다.

전복률 계산에 있어서는 다목적 로더의 구조가 중장비에 속하는 크레인의 구조와 비슷하여 크레인 전복률 계산방식을 사용하였으며 좌우 경사도에 따른 전복 위험성은 실험을 통하여 전복가능성이 있는 좌우 경사각을 추출하였다.

본 연구를 통하여 중장비 차량의 상태를 관찰하며 전복 등의 비상 상황을 디스플레이 장치를 통해 사전 인지할 수 있게 하였다.

Formula between Luffing Wire Tension and Overturning Moment in a Crawler Crane Considering the Deflection of Boom”, Donga Univ. Master’s Thesis 2011

[7] <http://www.das-co.com/>

[8] <https://epec.fi/products/control-system-products>

[9] Sangbong Park, Daeseung Jeong, "Design and implementation of Serial Communication for IoT Sensing Technology", JCCT, Vol.3 No.3, 2017 <http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2017.3.3.27>

※ 이 논문은 2018학년도 세명대학교
연구년 지원에 의해 수행된 연구임.

References

- [1] Kwon, Cha-Uk, "Development of a Monitoring System Based on the Cooperation of Image and Sensor Information", Daegu Univ. Master’s Thesis 2010
- [2] Joosup Jang, "Type and Using Example of the Special Purpose Vehicle", Auto Journal, Vol.35 No.1, 2013
- [3] Chang-Koan Son, Se-Chun Oh, Eui-Ryong Kim, Sin-Ryeong Kim, Young-Gon Kim, "A Study on Automotive Diagnostic System using CAN, CAN FD, FlexRay", JIIBC, Vol.16, No.6 pp. 311-318, 2016
<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2016.16.6.311>
- [4] Park, Gun Woo, "A study on the Development of CANopen Protocol using UML", Hanyang Univ. Master’s Thesis 2008
- [5] Pyo, Se-Young, Kim, Kee-Hwan, "A Study on Remote Fault Diagnosis System of Special-purposed Vehicle", JCCT, Vol.4 No.4, 2017
<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2018.4.3.221>
- [6] Jang, Hyo-Pil, "Compensation of Relation