

E-Mobility용 전력변환기의 IoT 모니터링 기술에 대한 연구

이인석¹, 이주¹, 강자윤^{2,3*}

¹한양대학교 전기공학과, ²한양대학교 메카트로닉스공학과, ³전자부품연구원

A Study on IoT Monitoring Technology of Power Converter for E-Mobility

In-Seok Lee¹, Ju Lee¹, Ja-Yoon Kang^{2,3*}

¹Department of Electrical Engineering Hanyang University

²Department of Mechatronics Engineering, Hanyang University

³Automotive Electronics Research Center, Korea Electronics Technology Institute

요 약 본 논문은 E-Mobility용 전력변환기의 고장 진단을 위해 차량 상태의 모니터링 기술을 IoT 기술을 접목하여 스마트폰으로 연동하여 운용하는 것에 대한 것이다. 중국에서는 EV 규제를 실시하여 기술의 발전과 전기자동차에 대한 시장 변화를 유도하고 있다. 이러한 추세에 맞게 E-Mobility도 적합한 모니터링 기술을 연구해야 한다. 기존 자동차에서 적용하는 OBD-II를 이용한 방법은 유무선 통신 방법이다. E-Mobility에 적용하기 위해서는 추가의 인터페이스 및 통신연동이 필요하다. 본 논문에서는 기존 기술과 IoT를 접목시켜 E-Mobility용 전력변환기의 상태정보를 모니터링 하는 기술을 제안하였다. 이 기술을 통해서 기존 네트워크 프로토콜 및 하드웨어 인터페이스를 간소화 하였고, 사용자가 쉽게 모니터링 할 수 있도록 E-Mobility용 전력변환기와 스마트폰의 연동이 가능함을 확인하였다. 그리고 기능 측면에서 고부가가치 제품 설계가 되도록 연구를 수행하였다.

주제어 : E-모빌리티, 모니터링 기술, 사물인터넷 융합, 블루투스, 스마트기기

Abstract In this paper, we propose a monitoring method of smartphone to integrate IoT technology to monitor the state of the vehicle for fault diagnosis of E-Mobility power converter. In China, EV regulations are being implemented to promote technological development and market changes in electric vehicles. To meet this trend, E-Mobility should study suitable monitoring technology. The OBD-II method used in existing automobiles is a wired / wireless communication method. In order to apply it to E-Mobility, additional interface and communication link are required. In this paper, we propose a technology to monitor the status information of power converter for E-Mobility by combining existing technology with IoT. This technology simplifies the existing network protocol and hardware interface, and confirms that the E-Mobility power converter and smartphone can be interworked for easy user monitoring. And we have done research to make high value product design from the aspect of function.

Key Words : E-Mobility, Monitoring Technology, IoT convergence, BlueTooth, Smart Device

*This work was partly supported by Institute for Information & communications Technology Promotion(IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2015-0-00266, Development of the Ultra High Density PSiP) and Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) grant funded by the Korea government(MOTIE) (No. 2017-0-00849, Development of a low power wireless communication IoT sensor module and gateway platform module applying to windows for the reduction of building energy consumption)

*Corresponding Author : Ja-Yoon Kang (jy kang@keti.re.kr)

Received February 1, 2018

Revised February 28, 2018

Accepted March 20, 2018

Published March 28, 2018

1. 서론

중국 시장에서는 최근 EV의 규제를 실시하면서 전기 자동차의 시장 점유율을 의무적으로 증가시키고 있으며, 규제를 통해 EV에 대한 기술 발전을 유도하고 있다. 이러한 영향은 글로벌 시장에도 영향을 미치게 될 것이며 EV에 대한 기술 발전의 요구가 중요하게 될 것이다.

E-Mobility는 EV의 카테고리 중 하나로 경량화와 소형화에 중점을 두고 있으며, 경제적인 차량의 가격으로 소비 점유율이 증가하고 있는 장점을 갖고 있다. 그러나 경제적인 제작의 결과 일반 차량에 대비하여 기능들이 크게 축소되었다. 그 중 고장 진단을 위한 모니터링 기술이 대폭 축소되었다. 고장 진단은 사용자가 운행함에 있어 사고를 미연에 예방하여 인명 피해 및 재산 피해를 방지할 수 있어 꼭 필요하고 중요한 기술이다. 본 논문에서는 E-Mobility에 적합한 모니터링 기술에 대한 연구를 진행하였다.

일반 차량에서 기존 고장진단 방법으로는 OBD-II를 이용한 모니터링 방식을 사용하고 있다. 이용하는 방법에는 유무선 통신 방식을 차량에 맞게 각각 적용되고 있다[1]. 유선 방식은 와이어링 하네스에 의한 노이즈로 데이터 신뢰성이 떨어지게 되며, 무선 통신을 이용한 방법에는 WiBro 등을 이용하여 언제 어디서나 모니터링을 이용하기 쉽지만 AP 등의 제한과 유료라는 측면에서 단점을 가지고 있다. 이를 극복하기 위해 OBD-II에서 CAN 통신을 통해 ECU에 접속하여 차량 정보를 스마트폰으로 모니터링 할 수 있는 기술이 나오고 있는 추세이다[2]. 그러나 기존 내연기관에서 사용되고 있는 위의 기술들은 전기자동차와 근본적으로 동력원이 다르고 구조가 다르기 때문에 원하는 정보가 달라서 그대로 적용할 수 없다. 또한, 복잡한 네트워크와 하드웨어의 비용이 크기 때문에 E-Mobility의 모니터링 시스템으로는 적합하지 않다.

본 논문에서는 OBD-II 커넥터를 활용하여 고장 진단에 필요한 정보들을 IoT 기술을 접목시켜 스마트폰으로 모니터링 할 수 있도록 CAN to BlueTooth 모듈을 설계하였다. 이 모듈을 통해 기존보다 하드웨어적으로 가벼운 시스템을 구축하였고, E-Mobility의 고장진단에 필요한 정보들을 최적화하여 모니터링을 할 수 있도록 설계하였다.

2. 기존 시스템의 분석

기존 시스템의 분석을 통해 기존 방법의 장점과 단점을 정리하였다. 그리고 E-Mobility에 적용하기 위해서 개선되어야 할 사항을 알아보았다.

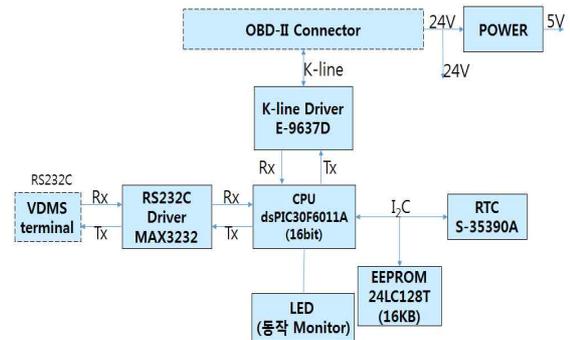


Fig. 1. Block Diagram for Acquisition Device of The Information of Car

Fig. 1은 차량정보를 수집하기 위한 하드웨어의 시스템 블록도를 나타낸 것이다. 이를 구현하기 위해 주로 OBD-II 커넥터를 사용하고 있다. OBD-II는 2000년 이후에 판매되는 차량에 의무 장착을 하고 있다.[1] 이로 인해 기술이 표준화 되어 있는 장점을 갖고 있다.

그러나 단점으로는 이 기술은 내연기관에만 적용되어 있고, 복잡한 네트워크 구성으로 인한 하드웨어 증가로 비용이 크다. 그리고 CDMA 모뎀이 내장된 경우에는 이동통신사의 별도 가입이 필요하여 추가 비용이 발생한다. 또한 차량 진단 장치와 유선으로 연결하는 경우 와이어링 하네스에 의한 각종 노이즈가 유입되어 정보 전달의 신뢰성이 저하될 수 있다.

위와 같은 기존 기술의 단점을 보완하여 E-Mobility에 적용하기 위해서는 기존 OBD-II 커넥터로 전달되는 진단 정보들은 내연 기관에서 사용하는 진단 정보들이기 때문에 E-Mobility에서 사용되는 배터리, 인버터, 모터 등의 진단 정보들을 전달할 수 있도록 OBD-II 커넥터의 회로를 다시 구성해야한다. 그리고 간단한 네트워크 구성으로 하드웨어를 줄여 가격 경쟁력에 장점을 갖도록 해야 하고, 사용자가 쉽게 자동차의 상태를 알아볼 수 있는 모니터링 시스템이 필요하다. 다음 장에서는 기존 기술의 단점을 보완한 모니터링 시스템을 제안하였다.

3. 제안한 시스템의 구성

본 논문에서 제안하는 모니터링 방식은 기존 방식과 IoT를 접목시켜 스마트폰으로 모니터링을 하는 방법이다. 기존 표준 커넥터인 OBD-II를 사용하여 IoT 모듈을 구성하였다. 그리고 IoT 모듈의 블루투스를 통해 스마트폰과 연동하였다. 스마트폰 모니터링의 장점으로는 스마트폰 내의 소프트웨어로 정보를 취합하여 진단을 내리기 때문에 차량 내에서 별도로 취합하고 진단할 필요가 없으며, 분석을 위한 인터페이스를 사용자 편의대로 구성할 수 있기 때문에 간단한 네트워크 구성과 하드웨어 비용이 감소하게 되어 기존 방식에 비해 용이해진다. 또한, 스마트폰은 상시 인터넷이 연결되어 있기 때문에 차량 관리 서버로 데이터 전송이 유용하며 향후 차량 정비에 대한 서비스로 이루어져 차량 관리에 유용하게 쓰일 수 있기에 스마트폰 모니터링 시스템을 채택한 이유이다.

3.1 기존과 제안된 모니터링 시스템의 차이

Fig. 2는 기존 구성과 제안한 구성의 차이점을 나타낸 블록도이다. 기존과 제안한 스마트폰의 모니터링의 차이점은 ECU에 의해 수행되는 기능이 생략되었다. ECU는 차내 통신망 CAN을 통하여 전달받아 제어하거나 관리하는 정보를 실시간으로 수집 및 가공하여 저장한다. 이러한 과정을 제안된 모니터링 시스템에서는 생략하고 블루투스를 이용하여 인버터에 관한 정보들을 바로 스마트폰으로 전달하는 시스템이다. 제안한 구성 방식으로 기존 보다 간단한 네트워크가 형성되며 이에 따른 하드웨어의 감소로 경제적인 측면에서 이득을 볼 수 있다.

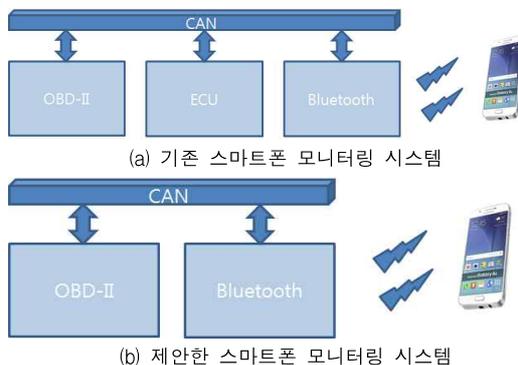


Fig. 2. Block Diagram Comparing The Existing and Proposed Methods

기존 연구들을 살펴보면 무선 통신 모듈로 지그비와 블루투스를 병행하며 사용하고 있다[3]. 실제 인버터 모니터링 시스템은 다양한 방법이 있다[5-7]. 그 중 무선 통신 모듈 중 지그비를 적용하여 연구한 사례가 많다[7,8]. 대부분 용량이 큰 계통과 관련된 태양광 인버터에 사용된다[9-11]. 또한, 풍력발전기에도 많이 사용된다[12]. 그러나 지그비는 통신 환경이나 전력 소비 등에서 많은 장점이 있으나 별도의 PC나 단말기가 필요하며 인터넷 사용을 위해서는 별도의 비용이 추가적으로 발생하기 때문에 기기간의 무선 연결이 용이한 블루투스를 선정하여 스마트폰 모니터링을 구성하였다. 보통 인버터 모니터링 시스템에서 지그비는 정보들의 자료 저장과 가공을 맡고 있으며, 블루투스는 기기간의 통신을 목적으로 사용한다[3].

3.2 IoT 통신 환경 구축과 모듈

OBD-II 커넥터에 CAN to 블루투스 기술을 적용하여 통신환경은 CAN 통신 2.0A(Identifier 11bit) 방식과 Bluetooth 2.0 방식을 이용하였다[13,14]. 스마트폰 OS는 안드로이드 8.0 버전에 적용하였고, 스마트폰 기기로는 Galaxy J3과 Galaxy note 8에 적용하여 구현하였다. 또한 적용한 전력변환기는 E-Mobility에 사용되는 정격 10kW 전력변환기와 모터를 이용하여 연동시험을 진행하였다.

Table 1. Bluetooth Packet Definition

| Division | Legend |
|-----------------|---|
| SOH | SOH : H/W <-> APP : ASCII 0x01, Start of Header |
| [CS] Checksum | 1 Byte Check Sum from Length to EOT excluding SOH and Checksum |
| [LEN] Length | SOH ~ EOT total data length mod 256 |
| [DIR] Direction | [0x30 0x31] '0' (H/W -> APP) '1' (H/W <- APP) |
| [CMD] Command | ReQuest ResPonse command [0x30 ~ 0x39] : '0' ~ '9' [0x41 ~ 0x5A] : 'A' ~ 'Z' |
| [BAT] Battery | 0x00 ~ 0x64 : 0 ~ 100, % |
| STX | 0x02 |
| Data | Data Field Format |
| ETX | 0x03 |
| EOT | 0x04 |

Table 2. Bluetooth Data Field Definition

| Abbreviation | Mean |
|---------------|---------------------------------|
| VC | Vehicle mode Control |
| Rx ID | Rx driving mode Selector ID |
| Rx Energy | Rx Energy status |
| Rx Controller | Rx inverter controller status |
| Rx Moter | Rx motor temperature |
| Rx Distince | Rx cumulative distance |
| Rx Start | Rx vehicle start-up status |
| Rx | Rx gear status |
| Tx | Mootr status change information |

데이터 프로토콜은 Table. 1에서는 블루투스 패킷 구조를 정의하였고, Table. 2에서는 블루투스 데이터 필드를 정의하였다[15].

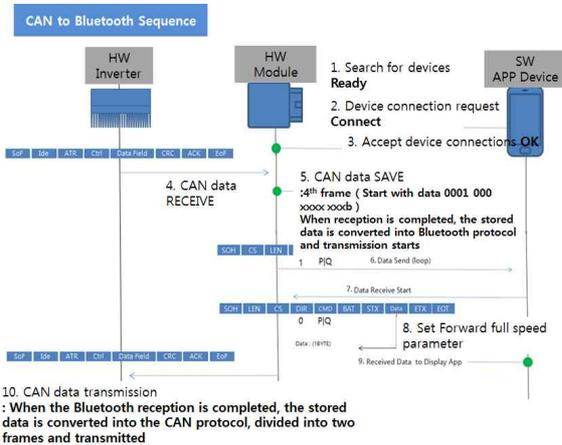


Fig. 3. Can to Bluetooth Sequence

인버터와 IoT 모듈, 스마트 환경 사이에 정의된 데이터 블루투스 패킷과 CAN 통신 프로토콜을 변환하며 상호간의 통신을 진행하게 되는데, Fig. 3에서 CAN to 블루투스 통신 시퀀스를 나타내었다.

스마트폰 환경은 유지보수 툴로서 대시 보드, 블루투스 페어링, 파라미터 송신(사용자 감성 드라이빙 조절) 등의 기능을 가지고 있다. 대시보드는 기존 상용 차량에서 표시되는 기어정보, 속도, 누적 거리 뿐만 아니라 전기 차량에 특화되어 인버터 및 모터의 온도와 배터리 전압 등의 정보도 함께 표시할 수 있도록 설계하였다. Fig. 4는 스마트폰 어플의 송수신 화면이다. Fig. 5는 IoT 모듈 케이스를 결합한 시제품이다. 소형화와 최적화를 목표로 설계하였으며, 다운로드 핀을 커넥터에 연결하여 유지보수 편의성을 확대하였다.

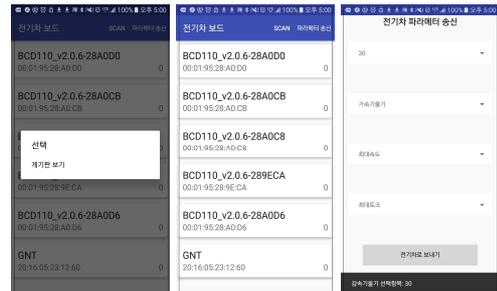
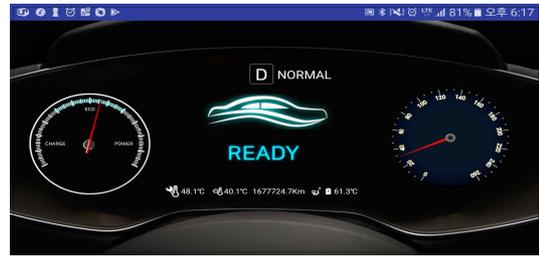


Fig. 4. Smartphone Display



Fig. 5. IoT Module Prototype

4. 실험 결과

진단 및 계측 장치를 적용할 인버터의 정상 동작을 확인하였다. 데이터 및 Fault 신호를 CAN통신으로 넘어오는 것을 확인하였다. 이후 블루투스 데이터를 PC상에서 확인할 수 있는 X-CTU라는 프로그램을 이용하여 진단 및 계측장치로 전송된 데이터가 Bluetooth 통신으로 정상적으로 전송되는 것을 확인하였다.

Fig. 6은 진단 및 계측장치에서 수신된 CAN 데이터를 나타낸 것이다. CAN이 동일 신호가 5비트 반복되면 반대 비트를 삽입한다는 점을 고려해 보았을 때, ID는 0x023이며 Data 내용은 0x61, 0x1B, 0x32, 0x00, 0x00 ... 이 수신되었다는 것을 확인하였다. 10진수로 변환하였을 때는 각 데이터를 97, 27, 50에 해당하면 3장에서 정의한 데이터 구성과 비교하여 보면 배터리 97%, 차량속도 27km/Hour, 모터온도 50℃, 정상동작 중 인 것을 확인하였다.

Fig. 7은 Short Circuit 조건에서의 진단 및 계측장치가 수신한 CAN 데이터이다. 위와 동일한 방식으로 CAN 데이터를 분석해 보면, ID는 0x023이며 Data 내용은 0x60, 0x00, 0x00, 0x03, 0x00 ... 이 수신되었다는 것을 확인하였다. 10진수로 변환하였을 때는 각 데이터를 96, 0, 0, 3에 해당하면 3장에서 정의한 데이터 구성과 비교하여 보면 배터리 96%이며 Fault로 인한 차량 정지 상태인 것을 확인하였다.

Fig. 8은 배터리 97%, 차량속도 27km/Hour, 50, 정상 동작 중인 조건에서 진단 및 계측장치가 송신한 블루투스 데이터이다. 수신된 CAN데이터가 블루투스 데이터로 에러 없이 전송된 것을 확인하였다.

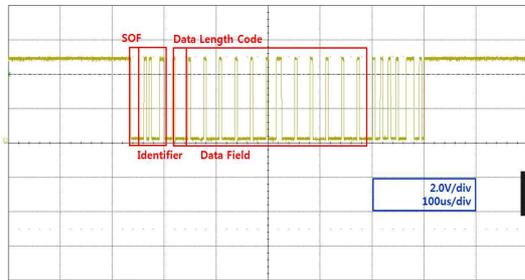


Fig. 6. CAN data received from the diagnostic and measuring device

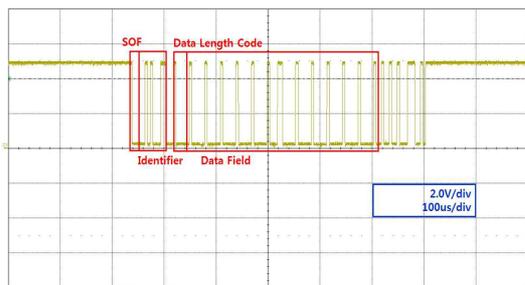


Fig. 7. In the short circuit received from the diagnostic and measuring device, CAN data

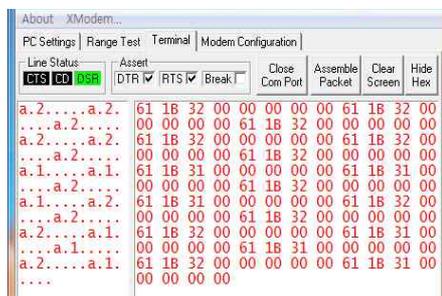


Fig. 8. In the 1.5kW load range transmitted by the diagnostic and measurement device, the Bluetooth data

5. 결론

E-Mobility는 전세계 시장에서 점차 점유율이 증가할 것으로 예상되고 있으며 최근 IoT/ICT 기술의 대두로 고부가가치 서비스 구현이 가능한 제품의 연구 개발이 시급한 상황이다. 그 중 사용자의 운행 편의성 및 안전성을 고려한 모니터링 시스템을 연구하였고, 본 논문에서는 E-Mobility에 최적화된 모니터링 시스템을 위해서 기존 모니터링 방식의 분석을 통해 단점을 보완하면서 E-Mobility용 전력변환기에 맞는 모니터링 시스템을 연구하였다. 기존 차량과의 호환성을 고려하여 OBD-II 커넥터로 CAN to 블루투스를 적용한 시제품을 개발하였고 시험결과 기존 모니터링 방식보다 하드웨어적으로 시스템 구성이 간소해짐을 확인하였다. 시제품을 제작하여 정상 동작과 fault 동작일 경우 통신연동이 잘 됨을 확인하였다. 향후에는 차량의 모니터링 시스템에서 더 나아가 스마트폰과 서버 간의 네트워크를 구성하여 각각의 차량에 대한 유지 보수 측면에서 서비스를 원활하게 받을 수 있도록 제작 및 정비 등의 관계 업체들과 연계하여 다양한 서비스를 주고 받기 위한 기술을 연구할 예정이다.

REFERENCES

- [1] H. S. Ryoo, Y. W. Won & K. C. Park, (2011). Research on Communication and The Operating of Server System for Vehicle Diagnosis and Monitoring, *The Institute of Electronics Engineers of Korea - Telecommunications*, 48(6), 41-50,
- [2] H. S. Choi, S. Y. Lee, C. D. Lee & S. H. Park (2011). A Gathering System for Vehicle Information, *Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, 599-600.
- [3] K. Y. Kang, K. B. Lee & Y. C. Kim, (2013). Wind Turbine Condition Monitoring System based on Android OS using ZigBee and Bluetooth, *2013 IEEEK SUMMER CONFERENCE*, 1400-1403.
- [4] H. C. Myoung, D. H. Park & J. H. Kim, (2002). Development of Inverter Monitoring system, *KIEE 2002*, 1049-1051.
- [5] Y. S. Song, W. K. Han, J. S. Jung, H. S. Lim & S. K. Cho, (2015). A Study on Installation of Monitoring System of Wireless Power Transmission System, *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 29(4), 47-53.

DOI:10.5207/JIEIE.2015.29.4.047

- [6] J. Y. Hwang, S. I. Chung & Y. H. Chung, (2011). Development of Vehicle Motion Monitoring Module based on Smartphone, *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 15(9), 1903-1909.
- [7] D. J. Kim, J. G. Shon, & H. J. Jeon, (2012). A development of Diagnosis Monitoring System for UPS DC Link Capacitors using Zigbee Wireless Communication, *THE TRANSACTION OF THE KOREAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS* 61(1), 41-46.
- [8] I. K. Lee, S. S. Kim, J. C. Jang, K. J. Kim, K. A. Kim, T. S. Lee & E. J. Cha, (2008). Zigbee Based Wireless Respiration Monitor System, *The transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers*, 57(1), 142-147.
- [9] H. W. Je & O. Yang, (2012). Remote Monitoring System of Photovoltaic Inverter using Zigbee Communication, *Journal of Korean Institute of Information Technology*, 10(21), 94-101.
- [10] P. S. Ji, J. P. Lee, D. J. Lee, S. J. Byeon & J. Y. Lim, (2011). Monitoring System for Solar Cell of Photovoltaic Power Generation Using Zigbee Technique, *KIEE 2011*, 64-67.
- [11] B. W. Park & S. J. Park, (2017). The development of a integrated solar power plant monitoring system using the Zigbee communication, *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 31(7), 56-62. DOI : 10.5207/JIEIE.2017.31.7.056
- [12] D. S. Moon & S. H. Kim, (2012). Development of Wireless Remote Monitoring System for Small Wind Turbine System, *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, 22(4), 460-467. DOI : 10.5391/JKIS.2012.22.4.460
- [13] C. H. Yu (2015) *Development of the Vehicle Diagnosis Program using the OBD-II and CAN Data Analysis*, Doctoral dissertation, Suwon University, Suwon
- [14] J. B. Lee & S. S. Lee, (2017). Design and Verification of Automotive CAN Controller, *Journal of IKEEE*, 21(2), 162-165. DOI : 10.7471/IKEEE.2017.21.2.162
- [15] J. A. Yun, S. W. Nam, K. W. Kim & S. Lee, (1997). Evaluation of Network Protocols for Automotive Data Communication, *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, 3(6), 632-638.

이 인 석(In Seok Lee)

[정회원]



- 1988년 ~ 1999년 : 두산인프라코어
- 1999년 ~ 2001년 : 현대로템
- 2006년 : 아주대학원 MBA경영학과 (석사)
- 2002년 ~ 현재 : (주)브이씨텍 대표이사

- 관심분야 : 전력전자, 전기자동차, 모터 드라이브, 추진 인버터
- 2013년 9월 ~ 현재 : 박사과정 수료
- E-Mail : islee@vctech.co.kr

이 주(Ju Lee)

[정회원]



- 1988년 : 한양대 전기공학과 (석사)
- 1998년 ~ 1993년 : 국방과학연구소 연구원
- 1997년 : 일본 큐슈대학교 System 정보과학연구과 (박사)
- 1997년 ~ 현재 : 한양대 전기 생

체 공학부 교수

- 관심분야 : 전기기기, 전자장 해석, 모터 드라이브, 전기자동차
- E-Mail : julee@hanyang.ac.kr

강 자 윤(Ja-Yoon Kang)

[정회원]



- 2015년 2월 : 전북대학교 전기공학과 (석사)
- 2015년 10월 ~ 현재 : 전자부품연구원 연구원
- 관심분야 : 전력전자, 전기자동차, 신재생 에너지, ESS

- 2016년 3월 ~ 현재 : 박사과정 수료

- E-Mail : jykang@keti.re.kr