

EV 충전인프라를 위한 국제표준에 부합하는 V2G용 전력통신모듈 설계 및 응용

김철수* · 백수황**

Design and Application of Power Line Communication Module for V2G Conforming with International Standard for Electric Vehicle Charging Infrastructure

Chul-Soo Kim* · Soo-Whang Baek**

요약

전 세계적으로 환경규제가 지속적으로 강화되고 있으며 이에 효과적으로 대응하기 위해 전기자동차의 도입이 적극적으로 고려되고 있으며, EV 보급의 필수요소인 충전인프라 구축이 필수적이다. 본 논문에서는 스마트한 충전인프라 구축에 필수적인 전력선 통신 기술에 대하여 연구하였다. ISO/IEC 15118 국제표준에 부합한 HPGP규격의 물리계층 속도 10Mbps 및 TCP/IP계층 4.5Mbps 성능을 달성할 수 있는 제어보드와 해당 보드에 탑재되어 국제표준에 부합하는 충전단계 및 향후 지능형전력망과의 연계를 위한 기능을 수행할 소프트웨어 솔루션을 개발하였다. 또한 Combo 방식의 DC 급속충전기에 적용하기 위해 산업 환경 기준에 적합하도록 하드웨어를 설계하였으며 소프트웨어 솔루션과 함께 통합하여 V2G 통신 모듈을 개발하였다

ABSTRACT

The environmental regulations are being strengthened all over the world, and the introduction of electric vehicles are actively being considered to cope with them effectively. It is essential to establish a charging infrastructure, which is an essential element of electric vehicle distribution. In this paper, power line communication technology essential for smart charging infrastructure is studied. A control board capable of achieving a physical layer speed of 10Mbps and a TCP/IP layer of 4.5Mbps, which conforms to the ISO/IEC 15118 international standard, and a control board mounted on the board and compliant with international standards. We have developed a software solution to perform functions for linking. In addition, in order to be applied to the combo-type DC fast charger, the hardware was designed to meet the industrial environment standard and the V2G communication module was developed by integrating it with the software solution.

키워드

Electric Vehicle, EV Charging System, Power Line Communication, V2G, Charging Standard
전기 자동차, 전기 자동차 충전 시스템, 전력선 통신, 브이투지, 충전 표준

* 호남대학교 미래자동차공학부(kimcs@honam.ac.kr)

** 교신저자 : 호남대학교 미래자동차공학부

• 접수일 : 2018. 09. 13

• 수정완료일 : 2018. 10. 29

• 게재확정일 : 2018. 12. 15

• Received : Sep. 13, 2018, Revised : Oct. 29, 2018, Accepted : Dec. 15, 2018

• Corresponding Author : Soo-Whang Baek

Dept. Automotive Engineering, Honam University,

Email : swbaek@honam.ac.kr

I. 서 론

지구온난화에 대한 대책으로 각국에서는 환경보호 규제를 강화하고 있는데 특히 유럽연합은 이산화탄소 배출규제를 평균 130g/km(약 18.1km/l)에서, 2020년까지 95g/km(약 22.4km/l)로 규제를 강화하였고 2025년 이후에는 약 70g/km 이하로 더욱 강화할 예정이다. 이는 2020년 이후에는 자동차메이커로서는 전기자동차를 시장에 투입하지 않고는 규제를 만족시키는 것이 불가능 하다는 것을 의미한다. 따라서 배터리 가격 하락 등으로 전기자동차의 총 보유비용이 내연기관 차량 보유비용과 같아지는 시점(Even Parity)인 2025년경에는 전기자동차의 폭발적인 성장이 예상되고 있으며 이와 함께 충전 인프라의 증가가 예상된다[1-6].

EV(Electric Vehicle)는 내연기관차와는 달리 움직이는 에너지 저장장치로 동작할 수 있으며 지능형 전력망을 위한 핵심기기로 상대적으로 대용량 부하로서의 기능과 이동형 에너지 저장장치의 기능을 동시에 수행할 수 있고 이러한 기능을 구현하기 위해서는 한전 등 전력회사, 혹은 가정이나 빌딩의 에너지 관리 시스템과 EV가 서로의 상태를 알 수 있는 V2G(Vehicle to Grid) 통신이 반드시 필요하다. 추가적으로 스마트카를 위한 사용자 편의성 향상을 위해서 주차 중 충전케이블이 연결되어 있는 EV와 EVSE(Electric Vehicle Supply Equipment)와의 관계는 전력 전달 기능 외에도 각종 차량정보 및 사용자를 위한 인포테인먼트 정보를 네트워크를 활용하여 위치에 관계없이 V2G 통신을 이용하여 공유할 수 있는 기능 제공도 가능하다. 또한 V2G 통신은 EV를 중심으로 자동차 구매자에게 에너지 절감, 원격 EV 점검 및 인포테인먼트 등의 새로운 서비스를 경제적으로 제공할 수 있으며 이를 통해 EV의 조기 확산에 기여할 수 있을 것이다. 이와 더불어 EV의 조기 확산에 필요한 충전인프라의 설치도 병행하여 증가할 것으로 기대되며 이를 관리하는 충전운영사업자 등의 신규 비즈니스를 창출할 수 있을 것으로도 기대된다[7-9].

본 논문에서는 ISO/IEC 15118표준에 근거하는 V2G용 통신모듈 개발에 필요한 국제 표준을 분석하였다. 이러한 분석 결과를 토대로 국제표준에 부합하고 해당 국제표준에서 권고하는 HPGP(Home Plug Green PHY)규격을 적용한 칩셋을 활용하여 물리계층

속도 10Mbps 및 TCP/IP계층 4.5Mbps 성능을 달성할 수 있는 제어보드를 개발하였다. 또한 본 제어 보드에 탑재되어 국제표준에 부합하는 충전 단계 및 향후 지능형전력망과의 연계를 위한 기능을 수행할 소프트웨어 솔루션을 개발하였으며 시험하였다.

II. 국제표준 분석 및 V2G 통신절차

2.1 충전관련 국제표준 동향

EV의 확산 보급을 위한 충전인프라의 상호 운용성 확보를 목적으로 EV와 EVSE간의 커넥터, 통신, 보안, 토폴로지 분야의 표준화가 ISO(International Organization for Standardization), IEC(International Electrotechnical Commission), SAE(Society of Automotive Engineers), IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) 등 국제 표준화 기구에서 제정되고 있다. 2011년까지는 SAE J1772를 기반으로 하는 완속 충전인터페이스 표준과 일본의 CHAdeMO [10]에서 제안한 급속 충전인터페이스 표준이 주로 논의되었고 실증단계의 여러 프로젝트에서 사용되었으나, EV와 EVSE간의 통신에 대해서는 뚜렷한 대안이 없었는데 2012년 5월 독일과 미국의 완성차업체가 완속충전과 급속충전을 직류와 교류를 충전하는 하나의 공통적인 충전인터페이스(커넥터)로 통합하는 CCS(Combined Charging System)를 제안하면서 독일의 DIN 70121에서 미국의 통신반도체 회사인 Qualcomm 등과 지난 수년간 개발해 온 V2G통신시스템 규격을 발표하였으며 이와 동시에 ISO와 IEC가 ISO/IEC 15118을 위한 Joint Working Group을 구성하면서 지난 수년간 작업을 해오고 있다[11-15]. EV는 대용량의 부하인 동시에 움직이는 에너지 저장장치로 볼 수 있는 특성 때문에 전력계통 및 마이크로 그리드와의 통신을 통해 전력망의 부하 피크시간을 피하여 충전을 해야 하고, 역으로 피크시간대에 부족한 전력을 EV에서 전력망으로 공급하는 등의 다양한 부가 서비스를 효과적으로 수행하기 위해서는 서로간의 정보를 안정적으로 교환할 수 있는 V2G 통신 솔루션이 반드시 필요한 상황이다. ISO/IEC 15118 및 이와 연계된 IEC 61851-24에서는 EV의 충전을 완속과 급속에 공통적으로 적용될 수 있는 CCS 타입의 충전커넥터를

사용하여 보다 효율적이면서도 다양한 부가서비스까지 가능하게 하도록 할 수 있는 고수준 통신을 홈네트워크의 표준인 IEEE 1901기반의 HPGP로 정의하였으며, 그림 1에 HPGP 홈 응용과 프로토콜 스택을 나타내었다.

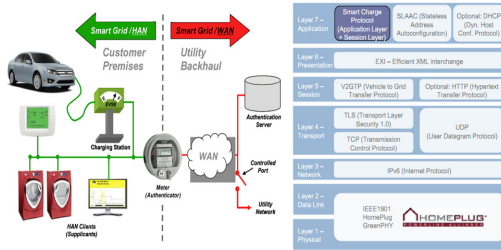


그림 1. HPGP 홈 응용과 프로토콜 스택
Fig. 1 HPGP home application and protocol stack

이러한 고수준 통신은 EV 충전과 관련하여 충전의 시작(초기화)과 종료, 통신채널의 설정, 과금 및 지불, 인증 및 보안, 충전 제어 및 스케줄링, 차량 부가서비스 등에 필요한 데이터 교환을 위한 일련의 통신과정을 정의하며 이는 향후 EV의 BMS(Battery Management System)과 전력망(Grid) 입장에서 최적화된 전력 송수신, 전력망과의 실시간 전력수요 및 공급의 조절 등을 수행하는 지능형 서비스를 가능하게 할 것이다.

2.2 전력선 통신관련 국제표준 분석

EV의 충전은 다음과 같이 이루어진다. 충전을 위한 EV가 전력공급을 위해 EVSE에 커플러를 통해 연결이 되면 EV와 EVSE가 각각 커플러가 연결이 된 것을 감지하여 EV는 EVSE로 부터 초기 접속 신호를 수신하기 위해 대기하고, EVSE는 커플러가 연결이 된 것을 감지하면 LLC 수단인 PWM을 이용하여 EV가 디지털 통신이 가능한지 아닌지를 파악하는 것부터 시작하여, 통신이 진행되면서 handshaking을 통한 상대방의 상태 정보를 주고받고, 충전을 위한 충전 정보 등을 주고받을 수 있는 수단으로서의 PLC 통신 솔루션의 제공을 목적으로 한다. 이상의 기술개발을 통해 다음과 같은 충전 인프라 시스템을 얻을 수 있다. ISO/IEC 15118은 EV와 충전인프라간의 통신을 정의한 표준으로 Part #1에서 Part #3까지 나뉘어져

있으며 Part #4와 Part #5는 conformance 시험을 위한 시험방법에 관한 표준으로 EVCC(Electric Vehicle Communication Controller)와 SECC(Supply Equipment Communication Controller)간 통신으로 범위를 한정하였다. 이를 표 1에 구분하여 나타냈다.

표 1. ISO/IEC 15118의 구분
Table 1. Classification of ISO/IEC 15118

Standard	Description
ISO/IEC 15118-1	Road vehicles - Vehicle to grid communication interface Part 1: General information and use-case definition
ISO/IEC 15118-2	Part 2: Network and application protocol requirements
ISO/IEC 15118-3	Part 3: Physical and data link layer requirements
ISO/IEC 15118-4	Part 4: Network and application protocol conformance test
ISO/IEC 15118-5	Part 5: Physical layer and data link layer conformance test

ISO/IEC 15118-1은 V2G 통신에 대한 일반 사항과 use-case에 대한 정의한 부분으로 충전과 관련된 총 8개의 기능 그룹과 21개의 use-case를 정의하고 있으며 이를 그림 2에 나타냈다. 또한 ISO/IEC 15118-2는 use-case에 정의된 각각의 경우에 대해 총 17개의 구체적인 통신 메시지에 대한 XML기반의 정의와 통신절차(Communication Sequence)를 정의하고 있다.

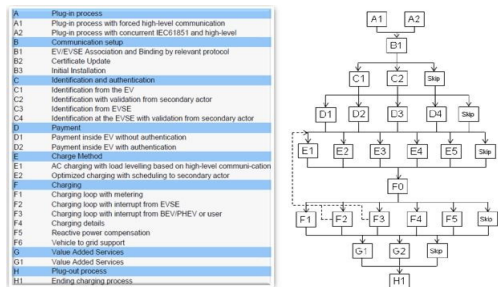


그림 2. Use-case 분류
Fig. 2 Classification of use-case

ISO/IEC 15118은 통신방법으로 PWM(Pulse Width Modulation)신호를 이용한 하위 수준 통신(Low-level Communication)과 PLC를 이용한 상위 수준 통신(High-level Communication)으로 구분되어 있는데 PWM 통신은 약속된 전압 크기(12V, 9V, 6V, 3V)와 신호의 펄스폭 제어(Duty Cycle Interpretation)를 이용하여 상위 수준 통신을 위한 보조 통신 수단으로 정의하고 있다. 통신 절차는 EV와 충전기가 케이블로 연결된 이후 충전기가 5%의 duty-cycle을 갖는 PWM 신호를 전송하면, EV는 충전기가 전송하는 PWM 신호를 인식하여 EV 통신제어기(EVCC)와 충전기 통신제어기(SECC)간에 통신 채널을 연결하는 방식으로 정의 되어 있다. 이와 같이 PWM은 간단한 충전방법만을 제공하고 있으며 복잡한 V2G를 위한 상위 수준의 통신은 PLC를 사용한다. 국제표준에서 정의 하고 있는 PLC는 미국의 HPGP(Home PlugIn Green Phy)로 명명되는 IEEE 1901 그린파이의 PLC 솔루션을 채택하고 있다. 이 PLC는 IPv6를 기본으로 통신을 수행하며 TLS(Transport Layer Security)기능 및 EXI(Efficient XML interchange)를 구현하여 충전을 위한 sequence 제어가 가능한 message 송수신을 가능하게 하였다. 본 ISO/IEC 규격은 SAE규격과 밀접하게 연계되어 있는데 ISO/IEC 규격과 SAE 규격과의 관계는 사용자 기준의 use-case인 ISO/IEC 15118-1은 SAE J2836, 구현을 위한 protocol stack인 ISO/IEC 15118-2로 SAE J2847과 연계되며 통신규격을 정의한 SAE J2931은 ISO/IEC 15118-2,3으로 연계가 된다. SAE규격은 EV와 EVSE 뿐만 아니라 전력망, 홈 네트워크 등의 2차적인 주체(Secondary Actor)에 대해서도 정의하고 있으나 ISO/IEC 15118에서는 그 범위를 EV와 EVSE에만 한정하고 있다. 이는 각 국가별로 전력망이나 건설 인프라 등 충전인프라가 설치/운영될 환경이 다르기 때문이다.

2.3 V2G 통신 절차

ISO/IEC 국제표준에 의거하여 V2G 통신 절차는 커플러가 EV와 외부충전장치 간에 연결이 되면 연결된 PLC를 찾는 것부터 시작된다. 연결된 PLC를 찾는 방법은 SNR(Signal to Noise Ratio)의 측정에 기반을 둔 방법인 SLAC(Signal Level Attenuation

Characterization)으로 찾는다. SLAC에 의해 EV와 외부충전기가 서로 연결되면 V2G를 위한 PLC통신이 이루어지고 충전 또는 역전송 등 필요한 에너지 전달 및 필요 정보 교환이 끝나면 EV와 외부충전기간 모든 연결을 끊고 종료한다. EV 측과 외부충전기 측에서 V2G 통신 절차는 각각 아래의 절에 서술하였다.

2.3.1 전기자동차 PLC 제어기 측 통신 절차

그림 3에 EVCC의 V2G 통신 절차를 나타냈다.

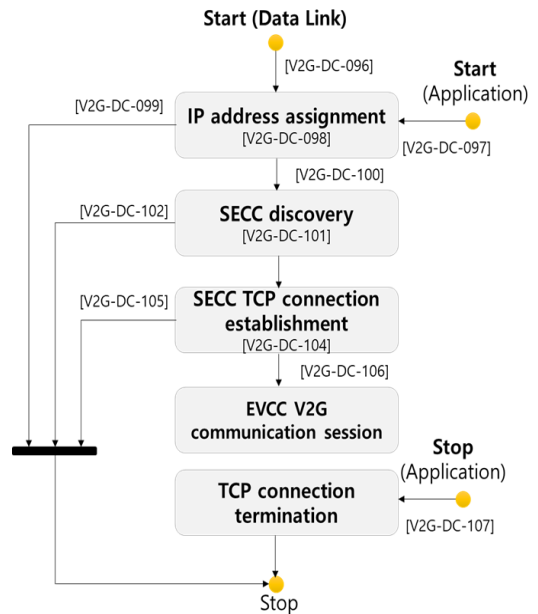


그림 3. EVCC의 V2G 통신 절차
Fig. 3 Procedure of V2G communication for EVCC

충전 커플러가 연결이 되면 EVCC는 SLAC 절차를 통해 SECC를 찾게 되고 적당한 EVSE를 찾으면 찾는 과정에서 전달된 충전기의 802.3 MAC 주소를 이용해서 UDP 패킷으로 멀티캐스팅을 통해 SECC를 찾는다. IPv6의 경우에는 Global access가 가능한 주소를 외부에서 받거나 또는 자신의 MAC 주소를 활용하여 Link 내에서만 통용되는 Link local 주소를 만들어서 사용할 수 있다. SECC Discovery를 통해 찾게 되면 SECC는 EVCC가 사용할 TCP 포트번호와 SECC의 IP 주소를 EVCC에 전달을 하고, EVCC는 이 주소와 포트를 이용하여 SECC와 TCP 연결을 통

해 V2G 통신을 시작하게 된다. V2G 통신은 차량의 배터리가 완충될 때 까지, XML기반의 메시지를 차량과 충전기가 서로 필요한 정보를 교환하면서 진행을 하게 된다.

2.3.2 외부충전장치 PLC 제어기 측 통신 절차

그림 4에 SECC의 V2G 통신 절차를 나타냈다.

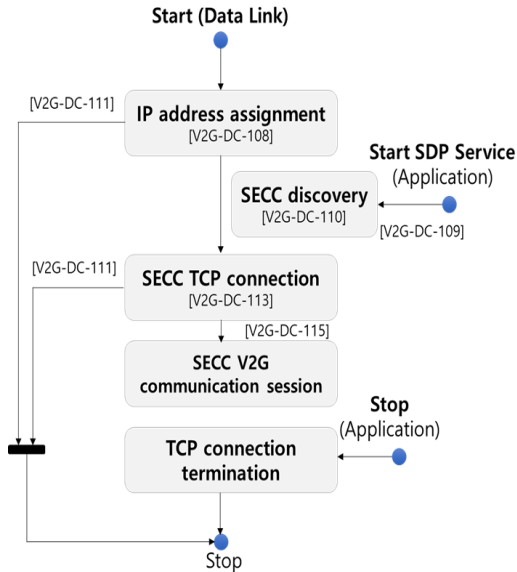


그림 4. SECC의 V2G 통신 절차
Fig. 4 Procedure of V2G communication for SECC

SECC는 SLAC listening 상태로 EVCC의 연결을 기다리다가 연결이 되면 EVCC의 SECC discovery를 기다리게 된다. SLAC을 통해 EVCC로 MAC 주소를 보내면 EVCC는 전달된 충전기의 802.3 MAC 주소를 이용해서 UDP 패킷으로 멀티캐스팅을 통해 SECC를 찾는다. 이후 SECC Discovery를 통해 EVCC가 사용할 TCP 포트 번호와 자신의 IP 주소를 EVCC에 전달을 하고, 전달한 포트를 통해 EVCC와 V2G 통신을 시작하게 된다. 최종적으로 V2G 통신은 전기자동차 PLC 제어기 측 통신절차와 마찬가지로 차량의 배터리가 완충될 때 까지, XML기반의 메시지를 차량과 충전기가 서로 필요한 정보를 교환하면서 진행을 하게 된다.

III. 제작 및 시험

3.1 PLC 모듈 및 제어기 제작

국제표준에서 권고하고 있는 쉘컴사의 HPGP PLC 칩을 이용하여 daughter보드 형태의 전력선 통신 모듈로 구성되는 PLC 제어기 시제품을 개발하였다. 개발된 PLC 모듈과 제어기는 그림 5와 그림 6에 각각 나타내었다. 또한 PLC 모듈과 제어기의 사양은 각각 표 2와 표 3과 같다.



With coin



Top



Bottom

그림 5. PLC 모듈
Fig. 5 PLC module



그림 6. 제어기
Fig. 6 Controller

표 2. PLC 모듈 사양
Table 2. Specification of PLC module

Item	Description
Power	12V, 5V
Power consumption	<1W
Dimension	30X40X10 mm (WXDXH)
Interface	1 SPI(~15MHz), 1 UART
Spectrum	2~28MHz
Temperature	-40 ~ 85℃
Receiver sensitivity	95dB attenuation
Scalable rate	4~10Mbps
Transformer	1:1:1 include
Communication	AC/DC Power line support
Standard	ISO/IEC 15118 P.3 HPGP v1.1

표 3. 제어기 사양
Table 3. Specification of controller

Item	Description
Power	12V, 5V
Power consumption	<1W
Dimension	130X90 mm (WXD)
CPU	Freescale I.MX287
Button	2
LED	3 LED
ADC/PWM	4 ADC/1 PWM
Serial port	3 UART, 1 SPI
LCD	128X64 Graphic
Boot method	SD/NAND

3.2 PLC 제어기 시험 및 결과

그림 7에 PLC 통신 시험 구성도를 나타내었다. 완성된 시제품은 닛산 리프 EV와 현대 아이오닉 EV와 충전 동작을 시험하였으며, 국내 충전기시스템에도 실장하여 직류 급속 충전 방식으로 GM 스파크 EV를 대상으로 충전 동작 시험을 완료하였다. 완성된 시제품의 특징으로는 IMX287 MCU를 적용하여 현존하는 차량에서 보편적으로 사용하고 있는 CAN통신 기반의 스테이션과 차량과의 상호 연동성 확보를 위한 드라이버 소프트웨어를 구현 완료하였으며 EV 충전기 업체의 제어보드에서 지원을 요청하는 음성지원을 위

한 드라이버를 소프트웨어로 구현하여 충전기 업체의 요구에도 부응하였다.

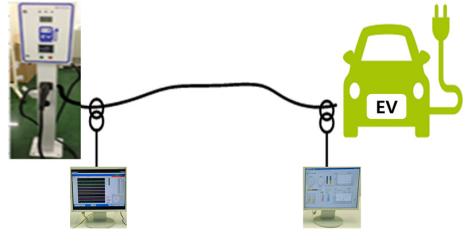


그림 7. PLC 통신 시험 구성도
Fig. 7 Configuration diagram for PLC communication test

3.2.1 환경 시험

환경시험을 위한 평가 환경을 그림 8에 나타냈다. 완성된 시제품은 아래와 같이 4가지 고온과 저온상태에서의 가혹 환경조건에서 제품의 변형/동작/부품 이상 등을 확인하였다.

- ① 고온(85℃)에서 동작시험 수행
- ② 저온(-40℃)에서 동작시험 수행
- ③ 고온(85℃)에서 일정시간 전원 OFF 상태 유지 후, 전원 ON을 하여 동작 상태 확인.
- ④ 저온(-40℃)에서 일정시간 OFF 상태 유지 후 전원 ON을 하여 동작 상태 확인.

시험결과 모든 조건에서 이상 없음을 확인하였다.



그림 8. 환경시험
Fig. 8 Environmental test

3.2.2 통신 정확도 시험

완성된 시제품의 통신 정확도를 알아보기 위하여 아래 그림과 같이 V2G 통신 모듈의 Client ↔ Server 프로그램에 대한 성능시험을 실시하였으며 그림 9는 성능시험 구성도를 나타낸다.

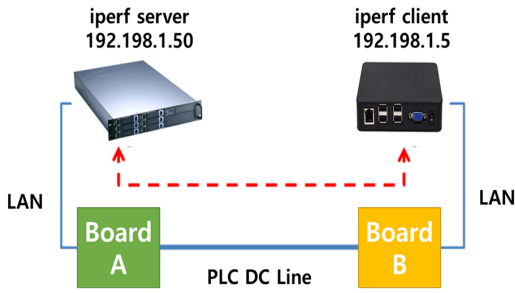


그림 9. 성능시험 구성도
Fig. 9 Configuration diagram for performance test

성능시험을 위하여 클라이언트와 서버에 해당하는 모의 프로그램과 모니터링 시스템을 개발하였으며 예시를 그림 10에 나타내었다. 차량과의 실증 시험 때 필요한 파라미터는 차량 측 클라이언트에 해당하는 파라미터를 수집하여 프로그램에 적용하였다. 표 4와 같이 시험 결과는 3636개의 송수신 데이터에서 100%의 통신 성공률을 기록하였다.

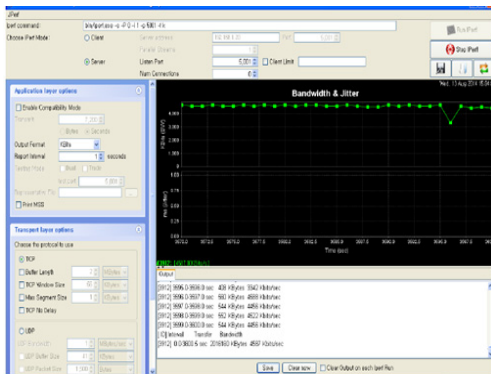


그림 10. 성능 시험 모니터링
Fig. 10 Monitoring for performance test

표 4. 성능시험 결과
Table 4. Results of performance test

Item	Description
Transmission speed (TCP/IP)	4.587Mbps/sec
Success rate of communication	100% (Transmission : 3636, Receipt : 3636)

IV. 결 론

본 논문에서는 국제 표준 ISO/IEC 15118 표준 분석을 통하여 PLC 통신 제어기를 개발하였다. 개발된 시제품은 환경시험을 실시하여 모든 환경조건에서 이상 없음을 확인하였으며 통신 모의시험을 통하여 개발된 PLC제어기의 통신 정확도를 검증하였다. 개발된 결과물은 EV와 충전기에 실장하여 검증되고 있으며 향후 지능형 전력망 연계 EV 충전 인프라에 적용하여, 신재생에너지 활용하는 전력 공급기능 구현하는 마이크로그리드, 전력통신 기술을 활용한 네트워크 구축, 단지 내외부 분리를 통한 AMI구현 등의 분야에 활용 가능하다. 또한 공동주택 단지 내의 EV 충전 인프라 구축 등 다수의 충전기 설치 및 중앙 관리가 필요한 장소에서의 충전인프라 구축 등에도 활용될 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2017R1C1B5075525). 이 논문에 도움을 주신 글로쿼드텍 장기수 대표님과 최영곤 전 무님께 감사드립니다.

References

- [1] M. Yilmaz and P. T. Krein, "Review of charging power levels and infrastructure for plug-in electric and hybrid vehicles," *2012 IEEE Int. Electric Vehicle Conf.*, Greenville, USA, Apr. 2012, pp. 1-8.
- [2] O. Veneri, L. Ferraro, C. Capasso, and D. Iannuzzi, "Charging infrastructures for EV: Overview of technologies and issues," *2012 Electrical Systems for Aircraft, Railway and Ship Propulsion*, Bologna, Italy, Oct. 2012, pp. 1-6.
- [3] S. Baek, "A study on educational contents of hybrid electric vehicle using real time monitoring system," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13. no. 2, 2018, pp. 443-448.
- [4] S. Baek, "A Study on Contents for Education

- Using Actual Vehicle-based Electric Vehicle Diagnostic System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 3, 2018, pp. 555-560.
- [5] J. Kim, "A study on the optimum selection of the power factor compensation condenser according to the improved efficiency of induction motor," *Trans. of the Korean Institute of Electrical Engineers*, vol. 65, no. 7, July-2016, pp. 1311-1315.
- [6] S. Kwak, H. Kim, and J. Yang, "Design and implementation of oil pump control system driven by a brushless dc electric motor," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 1, Jan. 2014, pp. 83-90.
- [7] U. Chukwu and S. Mahajan, "Real-Time Management of Power Systems With V2G Facility for Smart-Grid Applications," *IEEE Trans. Sustainable Energy*, vol. 5, no. 2, Apr. 2014, pp. 558-566.
- [8] A. Kavousi-Fard, T. Niknam, and M. Fotuhi-Firuzabad, "Stochastic Reconfiguration and Optimal Coordination of V2G Plug-in Electric Vehicles Considering Correlated Wind Power Generation," *IEEE Trans. Sustainable Energy*, vol. 6, no. 3, July 2015, pp. 822-830.
- [9] O. Veneri, L. Ferraro, C. Capasso, and D. Iannuzzi, "Charging infrastructures for EV: Overview of technologies and issues," *2012 Electrical Systems for Aircraft, Railway and Ship Propulsion*, Bologna, Italy, Oct. 2012, pp. 1-6.
- [10] T. Anegawa, "Characteristics of CHAdeMO Quick Charging System," *EVS 25 World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium*, Shenzhen, China, Nov. 2015, pp. 818-822.
- [11] ISO Std. 15118-1, *Road Vehicles - Vehicle-to-Grid Communication Interface - Part 1: General Information and Use-case Definition*. ISO, Geneva, Switzerland, 2013.
- [12] ISO Std. 15118-2, *Road Vehicles - Vehicle-to-Grid Communication Interface - Part 2: Network and Application Protocol Requirements*. ISO, Geneva, Switzerland, 2014.
- [13] ISO Std. 15118-3, *Road Vehicles - Vehicle-to-Grid Communication Interface - Part 3: Physical and Data Link Layer Requirements*. ISO, Geneva, Switzerland, 2015.
- [14] DIN SPEC 70121, *Digital Communication between a d.c. EV Charging Station and an Electric Vehicle for Control of d.c. Charging in the Combined Charging System*. DIN, Berlin, Germany, 2014.
- [15] SAE Std. J1772_201710, *SAE Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler*. SAE International, Warrendale, PA, 2017.

저자 소개

김철수(Chul-Soo Kim)



1980년 한양대학교 정밀기계공학과 졸업(공학사)
1982년 한국과학기술원 기계공학과 졸업(공학석사)

1988년 한국과학기술원 기계공학과 졸업(공학박사)
2016년 호남대학교 미래자동차공학부 교수
※ 관심분야 : 전기자동차, 충전인프라

백수황(Soo-Whang Baek)



2005년 한양대학교 전자컴퓨터공학부 졸업(공학사)
2012년 한양대학교 대학원 전자전기제어계측공학과 석박사통합과정 졸업(공학박사)

2012년~2016년 현대캐피탈 기술연구소 책임연구원
2016년 호남대학교 미래자동차공학부 교수
※ 관심분야 : 친환경미래자동차, 자동차전장제어, 전기기기시스템