

One-wire In-Vehicle Controller Design and Manufacturing by DC-PLC Scheme

Geum-Boon Lee*, Nam-Gon Kim**, Ji-Min Lee***

Abstract

In this paper, DC-PLC typed one-wire controller was designed and manufactured especially for In-vehicle safe devices. One-wire by DC-PLC scheme is to be used as a power supply and ground to process the sensor data and to operate the vehicle actuators. To avoid complicate wires, we use the conventional wires without installing extra communication lines. The data collected from the sensors are transmitted to the main controller, processed by programming, and run the actuators corresponding to the commands sending to vehicle control board. The proposed method shows that only One-wire without requiring several wires make In-vehicle control devices simple and reduce the damage due to the loss of the wiring.

▶ Keyword : DC-PLC, One-wire, In-vehicle control circuit, Vehicle grounding, Vehicle controller manufacture

I. Introduction

자동차 제어기술과 정보통신기술(ICT)의 융합은 '안전'과 '연결'에 기반하여 지능형 자동차로 진화하고 있다[1]. 무선 인터넷 기술의 발달은 차량 원격 제어 및 경보 시스템을 비롯한 안전 시스템 구현을 용이하게 하였으며, 차량 내 디스플레이 및 외부·내부 기기와의 연결로 차량 관련 정보를 제공하는 분야로 기술이 확대되고 있다[2-4].

그러나 차량에 사용되는 통신의 경우 제조사별 독자적인 배선망 구조와 통신 프로토콜 체계를 갖고 있어 시스템의 설치 초기에 고유의 배선을 구축하므로 일단 설치 후에는 추가적인 배선이나 변경 시에 많은 비용이 발생하고 있다. 현재 차량에 사용되는 통신의 경우 CAN과 LIN을 사용하고 있으나 CAN의 경우 고속의 데이터 통신에 사용하고, 차량 내 구동장치와의 연결은 LIN을 사용하는 추세이나 LIN의 경우에도 배선의 전원과 통신선 2가닥이 별개로 연결되어야 하고 모듈의 가격도 상당하다[5]. 본 논문은 DC-PLC(Direct Current Power Line Communication) 방식으로 별도의 배선 추가 없이 기존의 전원을 공급하는 전력선을 활용하여 One-Wire로 제어 신호와 전원

을 모두 공급하는 방법을 제안하고 다양한 센서 통신 및 구동장치 제어를 통해 차량 및 사용자들이 보다 안전한 상태를 유지하는 방법을 제안한다.

II. DC-PLC Principles

1. PLC Modem Principles

PLC(Power Line Communication)는 전기가 공급되는 전력선을 이용하여 데이터를 전송하는 전력선 통신기술로 전력선에 흐르고 있는 50/60Hz의 저주파 전력 신호에 수백 KHz의 고주파 신호를 전송한다. 기존 전력선(AC-PLC)을 통신 매개로 하여 변조된 고주파 데이터 신호를 전력선에 실어 송신하고, 수신된 데이터는 고주파 필터를 이용하여 신호를 분리 및 복조하는 방식으로 그림1과 같이 구성된다[6-7].

• First Author: Geum-Boon Lee, Corresponding Author: Ji-Min Lee

*Geum-Boon Lee(goldpalm@cst.ac.kr), Dept. of Computer Security, Chosun College of Science & Technology

**Nam-Gon Kim (napell@naver.com), Dept. of Computer Engineering, Chosun University

***Ji-Min Lee (histing@naver.com), Research Institute of A-joo communications, Inc.

• Received: 2016. 02. 24, Revised: 2016. 03. 08, Accepted: 2016. 03. 22.

• This work (Grants No. C0276472) was supported by Business for Cooperative R&D between Industry, Academy, and Research Institute funded Korea Small and Medium Business Administration in 2015.

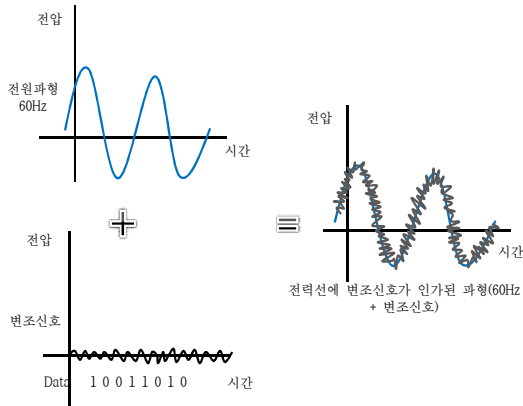


Fig. 1. PLC Basics

먼저, 정보 신호를 보내려는 송신측은 잡음 환경에서 전력선을 매개체로 데이터를 주파수에 실으려면 다른 형태의 신호로 바뀌는 과정, 즉 변조(Modulation)이 요구되며, 데이터를 받게 되는 수신측은 원하는 통신 데이터 신호만 받아들이고 필요치 않는 대역의 신호를 제거하는 필터 과정이 필요하다. Fig 2는 이러한 PLC 신호전달 과정을 보여준다.

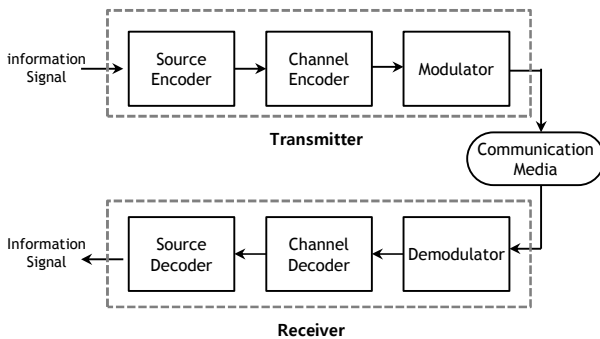


Fig. 2. Signaling Pathways of PLC

PLC 통신 모뎀은 PLC 칩셋, 아날로그 프론트엔드(AFE), 커플링 회로(Coupling Circuit), 그리고 전원을 공급하는 파워서플라이(Power Supply)로 구성된다. 콘센트에 연결하는 방식으로 AC-PLC 모뎀은 Fig. 3과 같다[8].

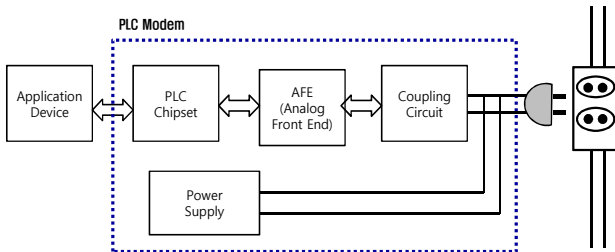


Fig. 3. PLC Modem Structure

Fig.3의 PLC 모뎀에서 PLC 칩셋은 아날로그 프론트엔드에서 고주파 성분을 판별하여 이득(Gain) 값이 프리앰블(Preamble) 시에 최적의 신호를 얻을 수 있도록 조정하는 PLC

의 기본 구동 요소이다. 전달된 신호는 PLC 로직 칩에서 바이너리 데이터로 변환 되어 MCU(Micro Control Unit)로 입력되며, 메모리에 복사하여 버퍼링으로 처리한다. 그리고 아날로그 프론트엔드는 디지털 신호를 아날로그 신호로 변조하고 수신시 아날로그 신호를 디지털 신호로 복조해 주는 역할을 한다. 송신부(Tx)에서는 전송 데이터를 아날로그 신호로 변환하고 출력 제너레이터에서 생성된 클럭에 동기화 한다. 그리고 라인 드라이버(Line Driver)에서 출력 강도를 조절하여 전원선에 신호를 전달하게 된다. 반면 수신부(Rx)는 전원선과 연결된 커플링 회로에서 넘어 온 아날로그 신호를 밴드 패스 필터(BPF)로 통과시키며, 이득 컨트롤(AGC)이 일정 주파수의 일정 크기 신호 출력을 유지하도록 한다. 그리고 아날로그/디지털 변환기(ADC)를 통해 디지털 신호 출력을 얻게 된다. Fig. 4는 아날로그 프론트엔드 송수신 과정을 나타낸다[8].

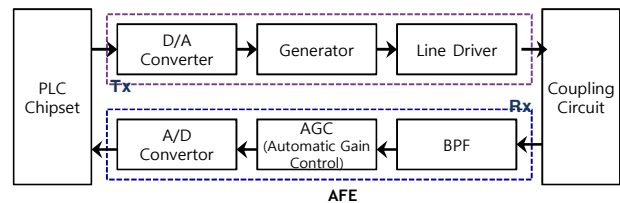


Fig. 4. Operational Scheme of AFE

커플링 회로는 전력선에 통신 신호를 인가하여 실어 주거나 분리하여 전력선을 통한 통신 신호의 송수신을 가능케 한다. 아날로그 프론트엔드로의 전력 신호 유입을 막고 고주파에 해당하는 통신 신호만을 효과적으로 전달하기 위한 장치로 저속 통신을 위해서는 9kHz~450kHz 주파수 대역이 사용되며 고속 통신을 위해 1MHz~30MHz 주파수 대역으로 통신 신호를 전력선 50/60Hz에 실어 보낸다.

2. DC-PLC Scheme One-Wire Control System

DC-PLC 방식을 적용한 One-Wire 제어 모듈은 전원선과 제어선을 별도로 두지 않고 한 선만으로 제어 신호와 전원을 공급하는 형태로 새로운 배선의 추가 없이 기존의 배선으로 전원 에 제어 신호를 실어 보내는 통신 제어 기술이다. 그러므로 원격검침이나 가전제어, 홈 네트워크에 사용되는 AC-PLC 통신 방식이 아닌 DC-PLC 방식이 차량 컨트롤러 개발에 적합하다. 본 논문은 One-Wire 제어 모듈의 차량 제어 시스템에 다양한 센서를 장착함으로써 차량 안전 및 상태 정보를 송수신 받아 자동차의 시동/정지, 에어컨 켜짐/꺼짐, 히터 켜짐/꺼짐, 도어 잠금/열림, 차량 윈도우 잠금/열림 등을 제어하는 차량 내부 안전장치를 설계하고 구현한다. 차량 컨트롤 보드에 장착한 안전장치 센서를 통해 운전자에게 닥쳐 올 위험을 인지하고 대비함으로써 안전 기능을 갖춘 지능형 자동차 개발을 위한 기술로 DC-PLC 통신의 One-Wire 제어 방식은 Fig. 5와 같다.

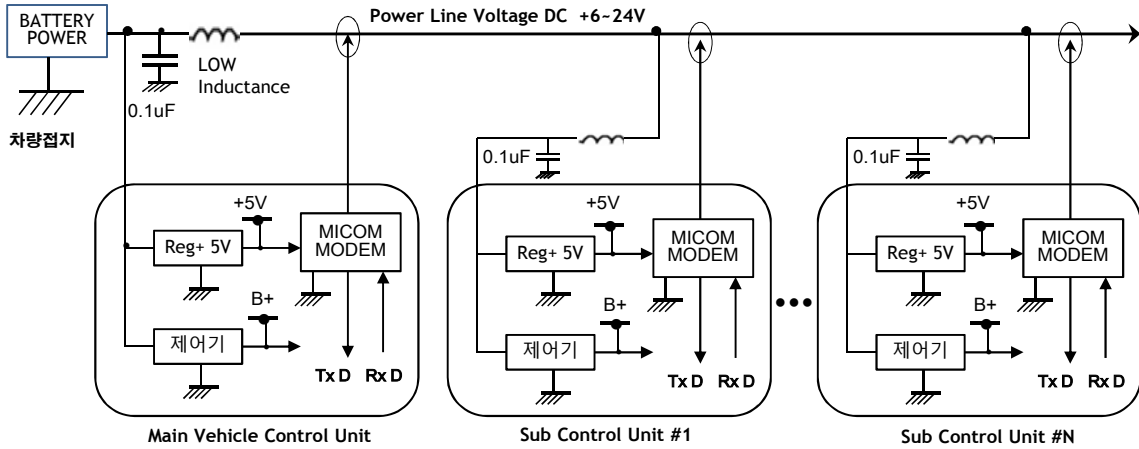


Fig. 6. One-Wire Operating Principle

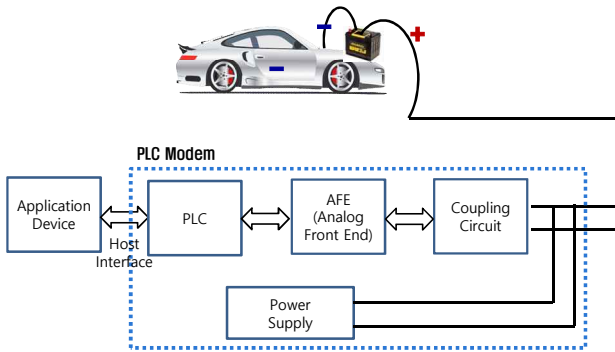


Fig. 5. Graphical Presentation on DC-PLC Modem

PLC 통신은 전원과 접지를 통한 2개의 배선으로 구성되어 커플링 회로 및 아날로그 프론트엔드 회로에 연결되어야 하나 DC-PLC 방식 제어 차량의 경우, 차체(Car body) 전체를 접지로 사용할 수 있으며 +전원선과 차체와의 배선을 통한 One-Wire만으로 구성할 수 있다. 따라서 차체 연결부의 저항과 모터 및 액추에이터의 전류 사용에 따른 접지 레벨의 변화에 능동적으로 대처할 수 있도록 설계한다. Fig. 6은 DC-PLC 방식의 One-Wire 제어의 동작 원리를 보여준다.

III. One-wire In-Vehicle Controller Design and Manufacturing by DC-PLC Scheme

1. Circuit Design for Device Implementation

차량은 운전 및 주행을 위한 다양한 장치가 장착되어 전자적

으로 제어된다. 이러한 장치들은 배터리와 알터네이트로부터 전원을 공급받고 별도의 배선으로 데이터를 제어 모듈로 보내 액추에이터를 동작시킨다. 본 논문에서는 DC-PLC 방식의 One-Wire 제어를 위해 센서로부터 수집된 데이터를 처리하고 액추에이터에 작동 명령을 전달하는 라우터 보드와 차량 제어를 위한 컨트롤 보드를 설계하였다. 표 1은 논문에서 구현하는 장치의 기능별 회로도에 대한 설명이며, Fig. 7은 메인 컨트롤러인 라우터 보드의 회로도이다.

Table 1. Functions of Main Control Circuit

	Circuitry Function
1	Circuitry that supplies main power and converts the received 8~35V to 5V DC
2	Circuitry for supplying 3.3V power used in the external communication and wireless communication
3	Circuitry for wireless communication, selects UART circuit optionally available and its communication status and data transmission parts compose of LED.
4	Circuitry for AFE, filtering among the internal power, and noise bypass
5	Circuitry that switch 8bit of data line to address line for matching data and address line of memory and MCU
6	Terminal that store the data of the microcomputer as a SRAM with a 16bit address to operate at a high speed to drive data
7	Circuitry as a data chipset that made for connecting with MCU as SPI communication system for data communication
8	The main micro-controller for the data collection of sensor node and the actuator operation command via the PLC

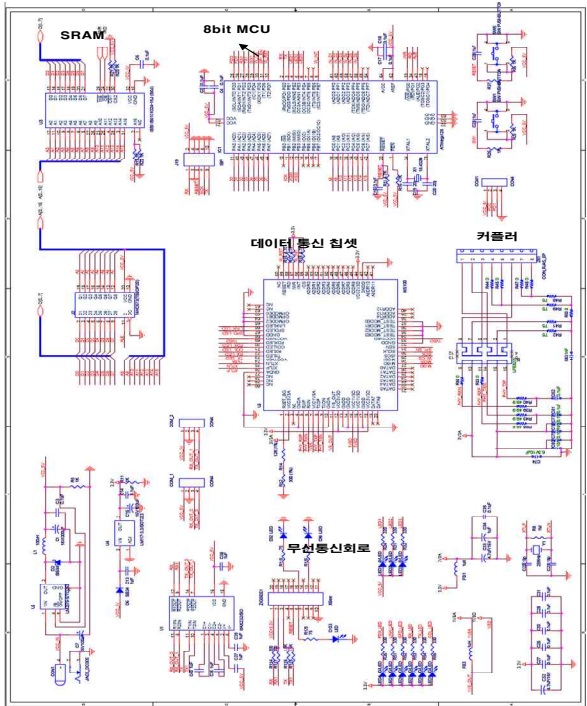


Fig. 7. Schematic Design of Router Board for Main Controller

Fig. 8은 ATMEL사의 8bit MCU로 18.432MHz 클럭으로 동작한다. SPI(Serial Peripheral Interface) 통신으로 데이터 통신 처리와 2개의 UART 통신으로 유무선 데이터 처리를 겸하며 PLC 통신을 통한 센서 노드의 데이터 수집과 액츄에이터 동작 명령을 지시하는 메인 마이크로 컨트롤러이다. 그리고 Fig. 9는 아날로그 프런트엔드부와 내부 전원들 간의 필터링 부분과 노이즈 바이패스를 위한 회로로 전원부의 안정성을 높이고 회로들 간의 노이즈 간섭을 최대한 줄이도록 하는 회로 부분이다.

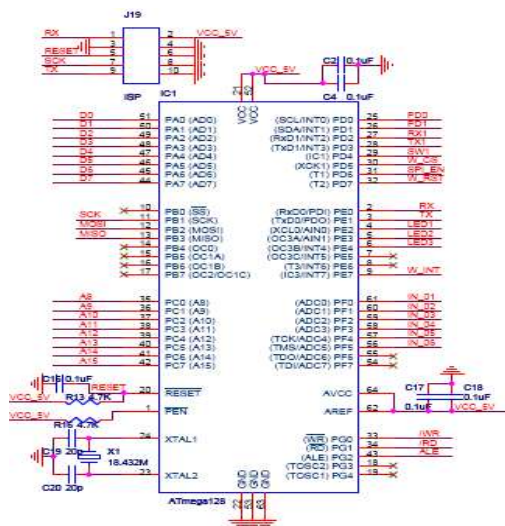


Fig. 8. Main Micro Controller

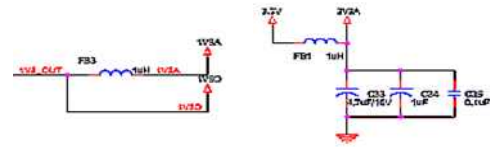


Fig. 9. AFE and Circuit for Filtering

온도 센서, 생명체 감지 센서, CO₂ 센서 등 여러 개의 센서들을 노드로 만들어 DC-PLC 방식으로 연결하고 액츄에이터 구동을 에뮬레이트하기 위해 차량 컨트롤 회로 설계는 Fig. 10과 같고, 회로도의 각 부분별 기능은 표2와 같다.

Table 2. Functions of Vehicle Control Circuit

	Circuitry Function
1	Circuitry for controlling 6 PWM outputs with 8 ADC-channel and 4 DIGIT-FND
2	Circuitry that select 5V power or input power supply and configured to enable protection of the input stage circuit, if the input voltage is more than 5V in each of the input channels
3	Circuitry for inputing firmware in the microcontroller
4	Digital input-output test circuit of 2-channel 5V
5	Contact output circuitry using a 2-channel relay
6	Numeric input circuitry via I2C communication expansion connector and encoder
7	Four mode-nput switch circuitry for test
8	Power circuit using default power convert the input 8~35V to output 5V by regulating
9	Test circuit for checking the output signal values from 6 PWM
10	circuitry for data monitoring and program debugging through serial communication
11	Circuitry for converting 6-channel PWM to input power by the respective FET
12	Circuitry for displaying the four numeric value with 8bit, that is FND circuit of four 8bit DIGIT

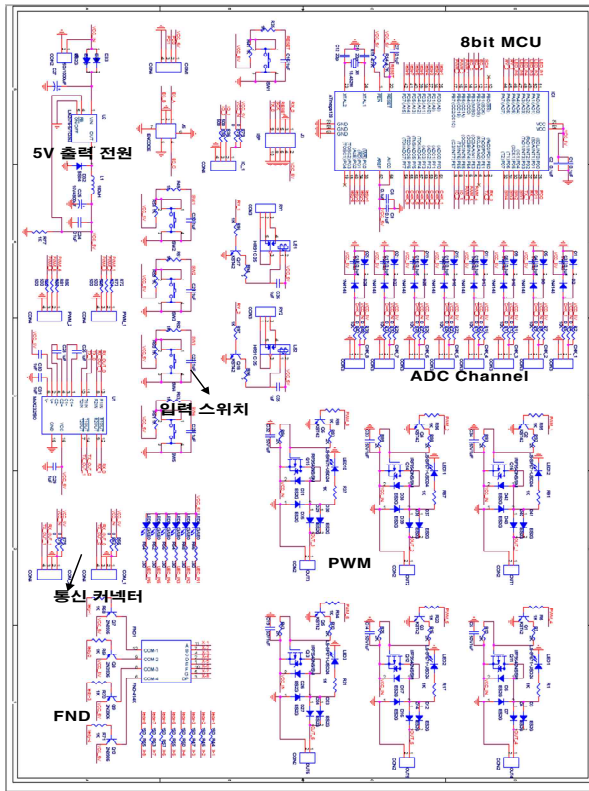


Fig. 10. Schematic Design of Vehicle Control Circuit

Fig. 11은 8개의 ADC 채널과 4DIGIT의 FND(Flexible Numeric Display)를 가지고 6개의 PWM(Pulse Width Modulation) 출력을 제어할 수 있도록 구성된 마이크로 컨트롤러로 각 센서 노드와 액추에이터의 기능을 함께 테스트 하도록 설계하였다.

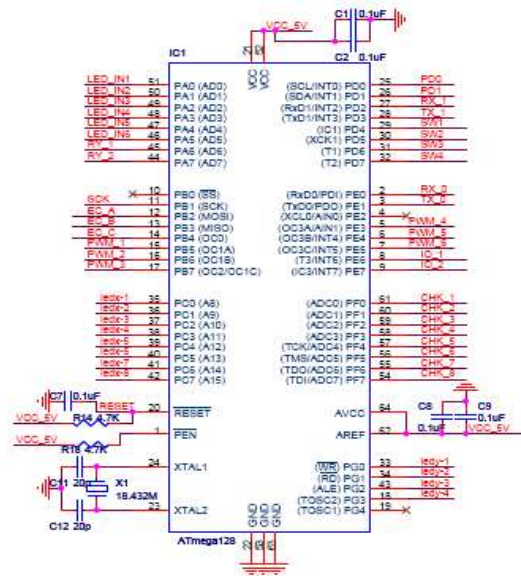


Fig. 11. Micro Controller for Sensor & Actuator

Fig. 12는 6개의 ADC 채널로 5V 전원과 입력 전원을 선택하여 사용할 수 있도록 설계하였으며 각 채널별 입력단에 5V 이상

의 전압이 입력될 경우 입력단의 보호가 가능하도록 회로를 구성하였다.

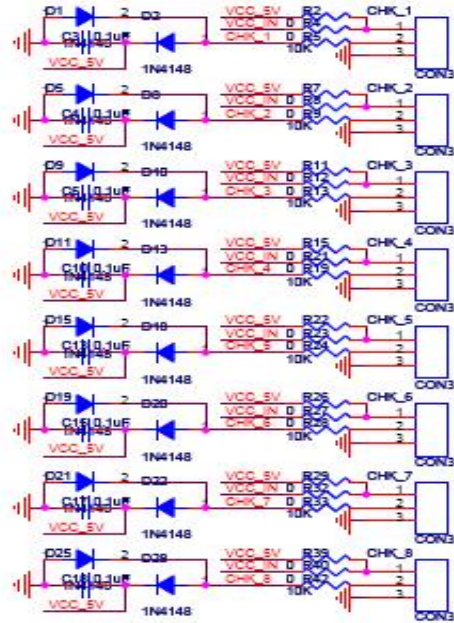


Fig. 12. ADC Channels

Fig. 13은 6 채널의 PWM을 각각 FET 소자를 통해서 입력 전원 레벨로 출력하여 구동이 가능하도록 하는 설계한 회로이다. 최대 10A 이상의 출력이 가능하도록 설계하였으며, 역기전압에 대한 보호 회로와 역전압에 대한 보호 회로가 구성되어 있다. 출력 시 각 채널별로 LED가 구동되어 밝기로 PWM의 DUTY를 직관적으로 확인할 수 있다.

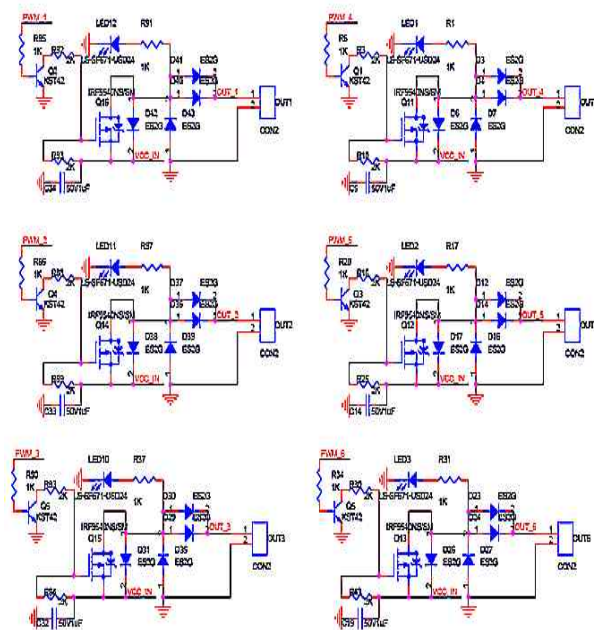
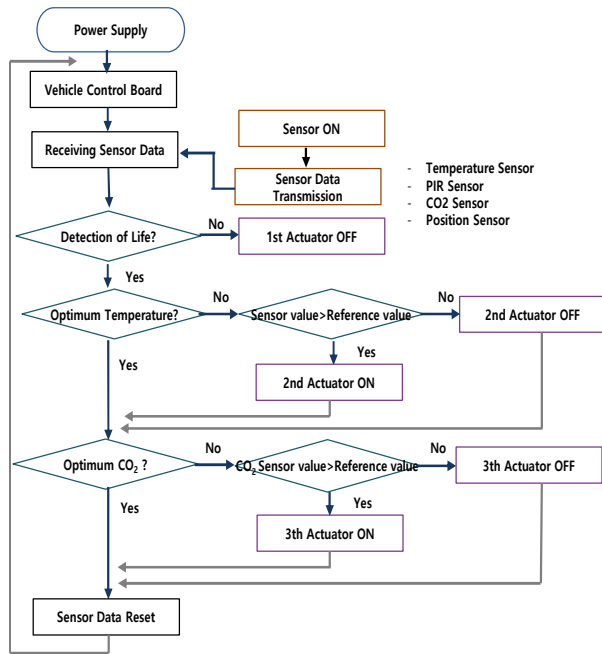


Fig. 13. PWM having 6 Channels

메인 컨트롤러는 각종 센서 노드로부터 전송된 데이터를 비교·분석하여 차량 컨트롤러에 차량의 시동/정지, 히터 켜짐/꺼짐, 도어 잠금/열림 경고 모드 등을 제어하는 액츄에이터를 구동하도록 명령을 전달한다. 즉 온도센서와 인체감지센서, 가스센서를 이용한 차량 내부의 산소 요구량 및 Co2 농도를 수신한 메인 컨트롤러에서 프로그래밍된 값에 따라 명령을 전달하면 차량 컨트롤 보드의 액츄에이터가 동작하게 된다. 자동차 내부의 산소 부족으로 인한 질식사나 운전자의 졸음으로 인한 교통사고 감소 등에 따른 사회·경제적 비용의 감소를 기대할 수 있다. Fig. 14는 메인 컨트롤러와 차량 컨트롤러와의 동작 관계를 보여준다.



2. Control Board Manufacturing for device implementation

Fig. 15는 메인 컨트롤러 회로 설계인 Fig. 7에 근거하여 제작한 아트웍을 나타내고 Fig. 16은 각 회로 부품을 장착하여 연속적으로 동작할 수 있도록 제작한 PCB(Printed Circuit Board)이다.

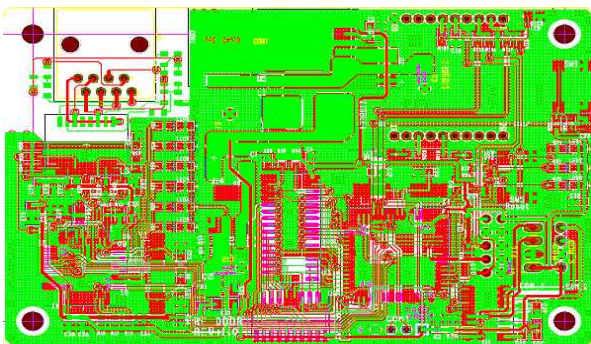


Fig. 15. Artwork of Main Controller

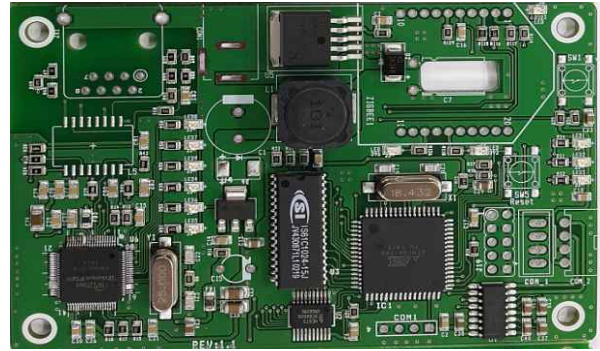


Fig. 16. PCB of Main Controller

Fig. 17은 센서 노드와 액츄에이터 작동 테스트를 위해 Fig. 10의 차량 컨트롤 설계 회로도에 근거하여 제작한 아트웍을 보여주며, Fig. 18은 차량 컨트롤러 PCB로 메인 컨트롤러와의 통신으로 센서 데이터 전송 및 메인 컨트롤러에서 전달된 명령을 수신하여 액츄에이터를 구동하도록 제작하였다.

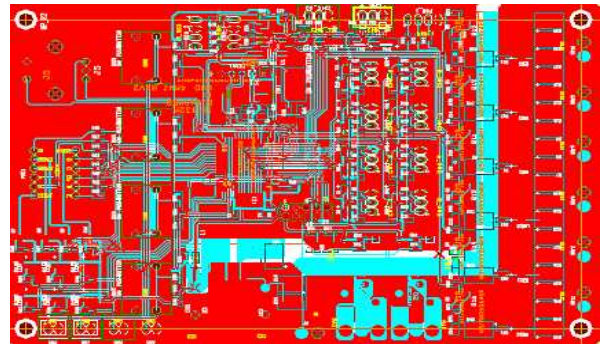


Fig. 17. Artwork of Main Controller

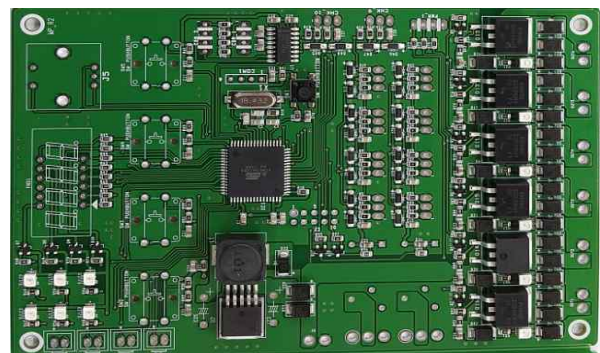


Fig. 18. PCB of Main Controller

IV. Conclusions

다양한 장치들이 차량 내부에 복잡하게 연결되어 있는 배선을 통해 네트워크를 형성하며 자동차의 원활한 운행과 운전자의 편의 및 주행 안전을 위해 상호작용하며 운행하게 된다. 차

량내부 장치간의 통신을 위한 추가적인 전자장치의 장착 시 전원을 공급하기 위한 전원선과 장치를 제어하기 위한 제어선이 함께 장착되는데 배선이 복잡함으로 인한 고장 및 장애가 발생할 수 있다. DC-PLC 방식의 One-Wire 제어를 통한 컨트롤러 설계는 각종 센서 등과 같은 부가 장치와의 안정성 있는 통신 수단이 될 수 있으며, One-Wire를 통해 전원 및 제어 신호를 공급하도록 설계하여 배선의 수와 부피를 줄이고 추가 배선으로 인한 오류 및 오동작을 방지하고 장치의 생산성을 가져올 수 있다.

REFERENCES

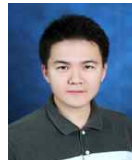
- [1] KISA Report, <http://www.kisa.or.kr/public/library>
- [2] B. G. Kwon, S. C. Lee, and K. B. Park, "Trends in Power Line Communication Network Technology," Proceeding of The Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 169-171, July 2007.
- [3] H. G. Woo, "Power Line Communication Technology and Business Outlook," Journal of Electrical world Monthly magazine, pp. 23-29, Oct. 2001.
- [4] K. H. Kim, and H. M. Oh, "Research and Development Trends of Power Line Communication
- [5] S. Y. Lee, "A Study on vehicle CAN communication using DC-power line communication," Master thesis, Chonbuk National University, Chonju, 2007.
- [6] S. J. Kwon, "PLT(Power Line Communication Technology) and Application," Special Editon of Monthly of Electrical Technology and Information, Vol. 176, May 2009.
- [7] J. M. Yun, J. Y. Lee, and J. M. Lee, "A Study on the DC Power Line Communication," Proceeding of Institute of Control, Robotics and Systems, pp. 205-210, Dec. 2004.
- [8] Y. W. Jung, "PLC Technical Trend and Future Development Direction," <http://www.zeus.go.kr/>

Authors



Geum Boon Lee received the M.S. and Ph.D. degrees in Computer Engineering from Daejeon University and Chosun University, Korea, in 2002 and 2010, respectively

Dr. Lee joined the faculty of the Department of Computer Security at Chosun College of Science & Technology, Gwangju, Korea, in 2018. She is currently a Professor in the Department of Computer Security, Chosun College of Science & Technology. She is interested in pattern recognition, artificial intelligence and computer security, and embedded computing.



Nam Gon Kim received the B.S., and M.S. degrees in Computer Engineering from Chosun University, Korea, in 2013 and 2015, respectively

Kim is currently Ph. D student in the Department of Computer Engineering of Chosun University, Gwangju, Korea. He is interested in artificial Intelligence, embedded computing and network security.



Ji-min Lee received the M.S. and Ph.D. degrees in Information Communication and Engineering from Chosun University, Korea, in 2011 and 2015, respectively

Dr. Lee joined the A-joo Communications, Inc. Director of Research Institute, in 2014. She is interested in : multimedia image processing, pattern recognition, image searching.