

# CAN(Controller Area Network) 프로토콜을 이용한 자동차용 전동 거울의 멀티플렉싱 제어

윤상진<sup>1</sup>, 최군호<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>CSR Korea, Connectivity S/W Team, <sup>2</sup>한국기술교육대학교 정보미디어연구소

## Multiplexing Control of Automobile Electromotive Mirror System using CAN(Controller Area Network) Protocol

Sang-Jin Yoon<sup>1</sup> and Goon-Ho Choi<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Connectivity S/W Team, Cambridge Silicon Radio(CSR) Korea,

<sup>2</sup>IT & Media Reaserch Center, Korea University of Technology and Education

**요 약** 본 논문에서는 산업용 필드 버스 프로토콜 중 신호적으로 가장 안정하다고 알려져 있는 CAN(Controller Area Network) 프로토콜을 이용하여 자동차용 전동 거울의 멀티플렉싱 제어 시스템을 제안하고자 한다. 이를 위하여 하나의 마스터 컨트롤러와 입/출력을 각각 담당하는 2개의 슬레이브 컨트롤러를 설계하여 구현하고(H/W), 이러한 각 서브 시스템 들의 효과적인 동작과 통신을 위한 Application Layer를 구현(S/W)하였다. 구현된 전체 시스템은 실제 자동차용 전동 거울에 장착하여 실험함으로써 최소한의 전장 요소들만으로 효과적인 시스템의 운용 및 제어가 가능함을 보이고자 한다.

**Abstract** In this paper, multiplexing automation system will be proposed for the automobile electromotive mirror using CAN(Controller Area Network) protocol which has been known that it has a high reliability on the signal in the various network protocols. To do this, a master controller and two (input/output) slave controllers (H/W) are being made and application layer (S/W) is being programmed for effective going and communicating between subsystems. The possibility of the effectiveness of application and control ability will be shown when the system has minimum electrical lines by testing the experimental systems which was made up of the automobile electromotive mirror.

**Key Words** : CAN Protocol, Multiplexing Control. Automobile Electromotive Mirror

### 1. 서론

최근 전자기술의 비약적인 발전으로 고성능의 마이크로프로세서가 소개되고 다양한 제어시스템 설계 기법이 개발됨에 따라 필드에 설치된 여러 제어 기기들을 중앙에서 제어할 수 있는 중앙 집중형 제어 시스템(Centralized Control System)이 주목받고 있다. 그러나 이러한 중앙집중형 제어 시스템에서는 센서나 구동기와 같은 각각의 입출력 장치들과 중앙 제어장치 사이의 데이터 전송을 위해 RS-232와 같은 직렬 통신이 사용되었으나, 이는 중

양제어부와 필드에 분산되어 설치된 제어기가 증가하거나 이들 사이의 거리가 멀어질수록 높은 설치 비용과 함께 관리/보수의 어려움 등 시스템의 유연성이 떨어지는 단점을 피할 수 없었다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 개발된 분산형 제어 시스템(Decentralized Control System) 구조가 필드 버스(Fieldbus)이다[1].

현재 필드 버스는 공장 자동화용 네트워크로 제안된 MAP (Manufacturing Automation Protocol)을 시작으로 이후 Profibus (Process Fieldbus)와 FIP(Factory Instrumentation Protocol), 빌딩 자동화를 위한 LonWorks

\*교신저자 : 최군호(goonho@kut.ac.kr)

접수일 11년 10월 04일

수정일 (1차 11년 10월 19일, 2차 11년 10월 27일)

게재확정일 11년 11월 10일

(Local Operating Network), 자동차 내부의 ECU(Electrical Control Unit) 네트워크를 겨냥한 CAN (Controller Area Network)등 다양한 목적을 위한 네트워크들이 제시되어 활발히 사용되고 있다. 특히 최근 자동차 내의 전자 부품의 증가와 전자 시스템의 기능 향상 등으로 인하여 차량 내의 복수의 시스템이 집적화, 복잡화함에 따라 이들 사이에 제어, 통신 시스템의 효율적인 운영을 위하여 토탈 네트워크(Total Network)로서 분산 제어 기능의 필요성이 커지고 있다.

본 논문에서는 언급된 필드 버스 중에서 국제 표준으로 규격화되어 시장성이 뛰어나고 전송 데이터의 신뢰성이 좋아 제어 응용 장치에 적합하다고 알려진 CAN 프로토콜을 이용하여[2-4], 자동차의 아웃사이드 미러의 멀티플렉싱 제어를 구현해 보고자 한다. CAN 프로토콜은 [4]를 비롯한 여러 연구에서 다른 프로토콜에 비해 차량용 통신 프로토콜로 우수하다고 알려져 있고, 이를 바탕으로 [5-7]에서는 그 효율성과 타당성을 알아보려고 하는 노력이 있었다. 특히 [7]에서는 차량 내 ECU를 중심으로 한 통신 시스템을 구현하여 기존 시스템과 경쟁력이 있음을 보이고 있다. 본 논문에서는 이러한 CAN 프로토콜 기반의 분산 제어 구조를 차량의 아웃사이드 미러에 적용하여 미러의 기능(이동(상/하/좌/우), 전동접이(펼침/닫힘), 메모리(기존 위치의 저장/복귀), 열선) 구현을 위해 기존에 수반되는 11개의 전선을 2선의 통신선과 2선의 전원선만으로 가능하도록 하는 멀티플렉싱 제어 구조를 보이고 그 효율성을 살펴보고자 한다.

## 2. CAN의 개요

### 2.1 CAN(Controller Area Network)

CAN은 1986년 독일의 로베르트 보슈(Robert Bosch)에 의해 개발되어 현재는 ISO표준규격(ISO 11898, 1993)화 된 프로토콜로, 여러 나라에서 자동차의 ECU, ABS 시스템 등의 전자부에 적용되어 있고, 현재는 에어백, 미러 제어, 공조 기기 등으로 확대되고 있다.

최초의 CAN 소자가 1987년에 Intel에서 만들어진 이후, Philips, NEC 등에서 제조되고 있고, 현재는 센서/구동부(Sensor/Actuator) 접속을 위한 SDS(Honeywell), Actuator/PLC 접속을 위한 DeviceNet, 분산 제어를 위한 CAN Kingdom(Kvaser)등 각종 자동차 기기에서 다양한 응용 제품이 상용화되고 있다.

CAN의 장점은 국제 표준으로 선정되어 시장성이 뛰어나고, 높은 전송률과 안정성을 제공하고 있어서 다수의

ECU를 상호 연결하는 분산시스템의 실시간 제어를 효율적으로 지원할 수 있다는 것과, 각종 정보들이 네트워크를 통하여 공유되므로 주위 환경을 모니터링하여 처리하는 일련의 작업 과정들에 대한 유연성을 증대시킬 수 있다는 것이다[2-4]. CAN의 특징은 OSI(Open Systems Interconnection)의 물리 계층(Physical Layer)과 데이터 링크 계층(Data Link Layer)만으로 이루어져 있어서 실제 시스템을 구축할 때, 적용하고자 하는 대상에 알맞도록 응용 계층(Application Layer)을 구성할 수 있다는 점이며 또한 사용하는 확인자 인가 방법에 따라 시스템의 성능이 크게 달라질 수 있다는 것이다. 이미 제안되어 있는 기존의 확인자 인가 방법은 크게 고정 순위 인가 방법과 동적 순위 인가 방법[8]으로 나뉘는데, 본 논문에서는 성능 개선 효과를 가지며 사이트 미러의 기능과 사용된 칩셋의 사양에 적합하다고 판단된 고정 순위 인가 방법을 사용하였다.

Application Layer		80C32 PCA82C200
D a t a L i n k	Object Layer - Message Filtering - Message and Status Handling	P82C150
	Transfer Layer - Fault Confinement - Error Detection and Signaling - Message Validation - Acknowledgement - Arbitration - Message Framing - Transfer Rate and Timing	
Physical Layer - Signal Level Bit Representation - Transmission Medium		PCA82C250

[그림 1] CAN의 계층 구조

[Fig. 1] The layer structure of CAN protocol

[표 1] CAN의 메시지 프레임 종류

[Table 1] A sort of message frame of CAN Protocol

Type	Function
Data Frame	data transmission
Remote Frame	request for data transmission
Error Frame	global signaling of errors detect locally
Overload Frame	adjustment of gap between two consecutive data frames of remote frames

그림 1과 표 1은 각각 CAN의 계층 구조와 통신 과정에서 사용하는 4종류의 메시지 프레임을 나타낸다. CAN은 앞서 언급한 바와 같이 OSI 7계층 중 물리 계층과 데이터 링크 계층만으로 구성되며, CAN제어기와 CPU를 묶어 응용 계층을 추가함으로써 네트워크 상에서의 제어

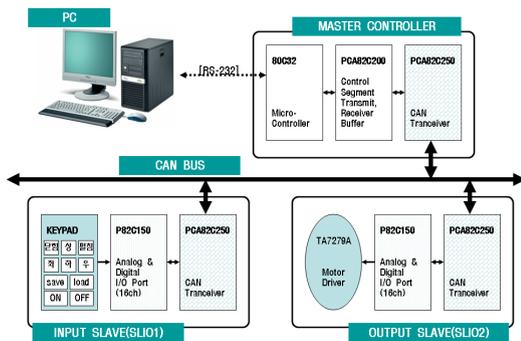
를 가능하게 한다[2,9]. 그림 1에서 우측에 표기된 칩셋들은 본 논문에서 해당 계층의 기능을 담당하게 될 것들을 의미하며 보다 자세한 내용은 다음 장에서 설명하고자 한다.

### 3. 자동차용 전동거울의 멀티플렉싱 제어

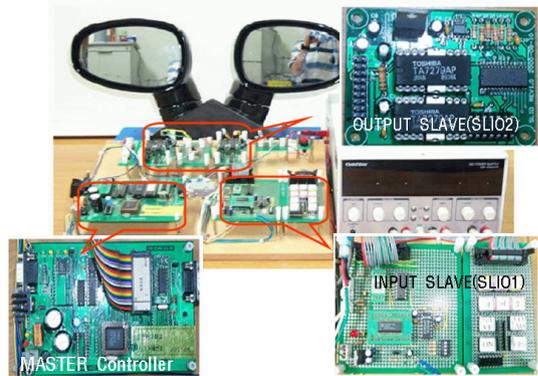
기존의 전동식 아웃사이드 미러의 기능인 이동(상/하/좌/우), 전동접이(펼침/닫힘), 메모리(기존 위치의 저장/복귀), 열선 기능의 구현을 위해 1개의 마스터 컨트롤러(Master Controller)와 입력부/출력부로 구분된 2개의 슬레이브 컨트롤러(Slave Controller)를 제작하고 이에 적절한 응용 계층 프로그램을 구현하여 보고자 한다.

#### 3.1 전체 시스템의 H/W 구성

본 논문에서 적용한 아웃사이드 미러는 이동(상/하/좌/우) 동작을 위해 필요한 2개의 직류전동기와 메모리 기능(미러의 위치를 저장/복귀)을 위하여 거울의 각도를 측정할 위치 센서, 전동 접이 기능(미러 전체를 개폐)을 위한 전동기, 그리고 미러의 열선으로 구성되어 있다. 이를 위해 그림2에서 보는 바와 같이 각각 사용자 입력과 사이드 미러 출력을 담당하는 두 개의 슬레이브 I/O 컨트롤러(Slave I/O Controller)와 하나의 마스터 CAN 컨트롤러(Master CAN Controller)를 사용하며 중앙의 CAN 버스를 통해 멀티플렉싱 시스템을 구현하였다. 그림3은 이를 구현한 실제 실험 시스템이다.



[그림 2] 전체 시스템의 블록도  
[Fig. 2] The block diagram of the system



[그림 3] 구현된 실제 실험 시스템  
[Fig. 3] The experimental system.

#### 3.1.1 마스터 컨트롤러(Master Controller)

본 논문에서는 80C32(Intel)와 PCA82C200 (Philips) CAN Controller를 사용하여 마스터 CAN 제어부를 구성하고, P82C250을 CAN 프로토콜 전송기(Transceiver)로 사용하였다. 이 중에서 가장 핵심이 되는 것이 CAN 제어기(PCA82C200)인데, 물리 계층과 응용 계층 사이의 중계역할을 하며 칩 내부에 프로토콜이 내장되어 있어 사용자가 별도의 프로토콜 생성 알고리즘을 응용 계층에 만들 필요가 없다. CAN버스를 통하여 PCA82C200의 수신버퍼에 들어오는 메시지 즉, 확인자(Identifier)와 그에 따른 데이터를 80C32의 수신버퍼에 저장하는 방식으로 메시지를 입력받으며 이와 반대되는 과정으로 메시지를 출력하여 데이터를 처리한다. 즉, CPU인 80C32는 CAN 제어기의 수신버퍼에 저장되는 데이터를 할당된 번지에 저장하여 그 값을 기억하고 필요할 때마다 해당번지에서 데이터를 읽어오는 과정을 반복하게 된다.

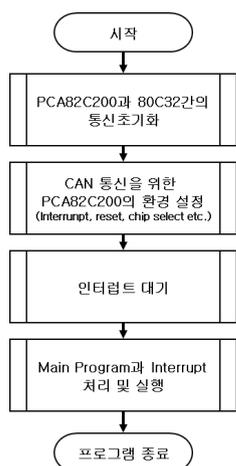
#### 3.1.2 슬레이브 컨트롤러(Slave Controller)

슬레이브 컨트롤러의 구성에는 입/출력 제어 소자인 P82C150(SLIO; Serial Linked I/O, 16개의 아날로그/디지털 입출력 포트 내장)과 PCA82C250을 사용하였다. 거울의 상하좌우 이동, 전동 접이, 메모리 기능에 대한 명령을 받기 위해 입력 슬레이브 컨트롤러(SLIO1)에 10개의 입력 포트를 설정하였고, 출력 슬레이브 컨트롤러(SLIO2)에는 아웃사이드 미러의 구동과 전동 접이 그리고, 열선 기능을 구현하기 위해 7개의 포트를 출력 포트에 이용하였다. 여기에 기존 위치 저장/복귀 및 ADC를 위하여 4개의 포트를 추가로 사용하였다. 처음 전원이 인가되어 마스터와 슬레이브 컨트롤러의 초기화 설정이 끝나면 마스터 컨트롤러인 PCA82C200의 수신 인터럽트(Receive Interrupt)를 활성화시켜 해당 인터럽트가 발생

하면 수신된 메시지 데이터를 분석하여 정해진 기능을 수행하도록 하였다.

### 3.2 응용계층(Application Layer, S/W)의 설계

본 논문에서는 C/C-51 컴파일러를 사용하며, 기본 설계 형태는 입력부 슬레이브 컨트롤러(SLIO1)에서 받아들인 사용자 입력에 따라 출력부 슬레이브 컨트롤러(SLIO2)의 사이드미러를 제어할 수 있는 형태의 응용 계층 프로그램을 작성하여 마스터 컨트롤러의 ROM에 저장하는 방식을 사용하였다. 전체 프로그램의 흐름은 그림 4와 같다.



[그림 4] 전체 프로그램 흐름도  
[Fig. 4] The flowchart of the system program.

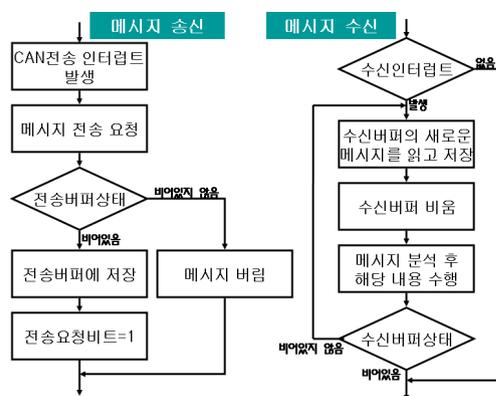
#### 3.2.1 시스템의 초기화

먼저 전원이 인가되거나 리셋이 걸리게 되면, 마스터 컨트롤러의 제어기로 사용된 PCA82C200과 80C32 사이의 통신을 통해 미리 약속된 환경 변수들을 설정하도록 하였다. 이후 응용 계층 프로그램에 의해 Main Controller에 연결된 P82C150의 초기화 과정이 시작되며, 이 과정은 설정된 확인자 범위 내에서의 브로드캐스팅 방법을 통해 이루어진다. 본 시스템에서의 브로드캐스팅 과정은 0x50~0x57, 0x70~0x77까지의 16개의 SLIO 인식범위를 가지고 있다.

#### 3.2.2 메시지의 송, 수신

마이크로컨트롤러와 PCA82C200, P82C150의 환경설정이 끝나면 각 요소들은 메시지의 송수신의 역할을 가진 인터럽트 대기 상태가 된다. 본 시스템은 입력부(SLIO1)와 출력부 슬레이브 컨트롤러(SLIO2) 각각 하나

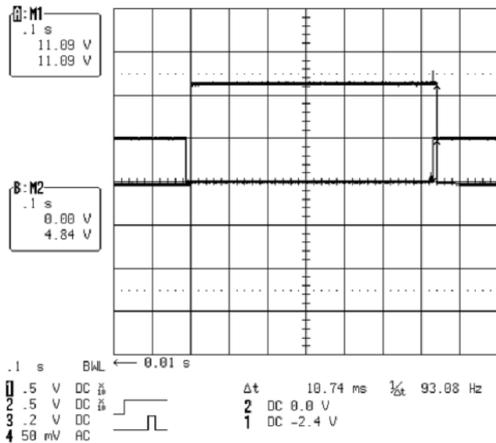
씩으로 구성되어 있으므로 메시지의 전송 요청과 관련한 응용 프로그램은 고려할 필요가 없다. 또한 원래 CAN 프로토콜은 임시 저장 장소에서 대기하던 메시지 이후에 다른 메시지가 전송되어 들어오면 "Further Message" 비트를 이용하여 늦게 들어온 메시지가 전송 버퍼(Transmit Buffer)를 먼저 점유하는 것을 방지하는 스케줄링 기법을 가지고 있으나 본 논문에서 적용된 시스템인 자동차의 아웃사이드 미러의 시스템 특성상 한 메시지의 수행 처리 과정에서 다른 입력 스테이션으로 부터의 메시지를 대기시켜야 할 이유가 없으므로, 이를 생략하고 다음에 들어오는 메시지는 단순히 폐기 처리하도록 알고리즘을 구성하였다(그림 5. 메시지 송신 참조). 송신 과정을 통해 메시지가 마스터 컨트롤러로 전송되면 수신 인터럽트가 발생하고 이에 따라 수신된 새로운 메시지의 데이터를 수신 버퍼(Receive Buffer)에서 읽어 외부 메모리에 저장한다. 이 순간 수신 버퍼를 즉시 비워지도록 함으로써 다음 순간에 들어오는 메시지를 바로 처리할 수 있도록 하였다. 또한 저장된 메시지의 내용을 분석하여 해당 기능을 수행할 수 있는 프로그램을 포함하고 있다. 그림5는 이 송/수신 과정에 대한 흐름도이다[10,11].



[그림 5] 메시지의 송신 및 수신  
[Fig. 5] A message transmission and receiving

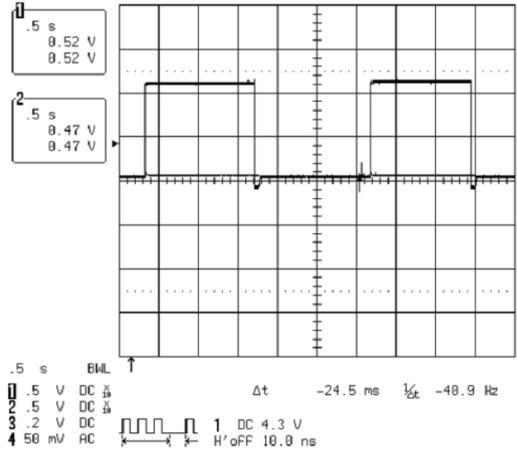
## 5. 실험 결과 및 고찰

그림 6은 입력부 슬레이브 컨트롤러(사용자 키패드:SLIO1)에서 발생한 사용자 입력과 이러한 입력값에 따라 마스터 제어부에서 사이드미러를 제어하기 위해 출력부 슬레이브 컨트롤러(모터구동부:SLIO2)에 전달하는 메시지의 파형을 비교한 것이다.

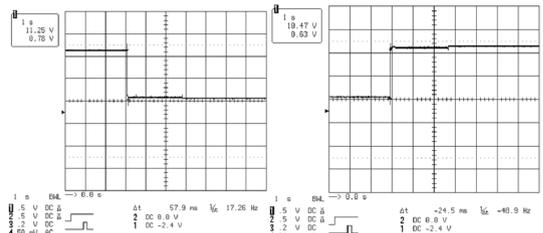


[그림 6] 입력에서 출력까지의 파형  
[Fig. 6] A waveform of signals between input and output

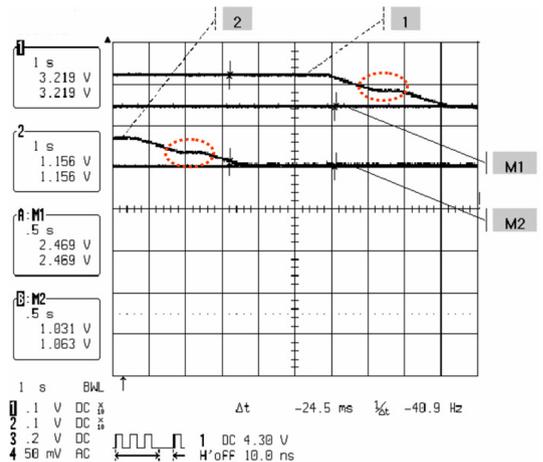
이때 사용자의 입력과 사이드미러를 제어하기 위한 메시지의 출력 파형 사이에 10ms정도의 시간 지연이 발생하는 것을 볼 수 있는데, 이것은 시스템에 따라 문제의 소지가 될 수도 있다. 이와 같은 현상의 발생 원인은 크게 다음과 같은 4가지, 1)사용자 입력에 따라 발생한 메시지를 SLIO1의 버퍼까지 전달하는 데 걸리는 발생지연 시간, 2)메시지가 전송미디어(CAN bus)를 점유하는데 걸리는 대기행렬시간(Queueing Delay), 3)메시지가 CAN bus를 통해 목적 노드까지 전송되는 데 필요한 전송 지연 시간(Transmission Delay), 4)Master CAN 제어부의 응용 계층에서 CAN 응용 프로그램을 실행하여 그 결과값을 SLIO2의 사이드 미러에 전달하는 과정에서 발생하는 전달 지연 시간(Delivery Delay)등이다. 이러한 시간 지연은 데이터 필드(Data Field)의 크기와 노드의 증가/감소, 데이터 이동 경로의 길이(버스 길이)등에 의해 달라질 수 있다. 본 논문에서의 경우, 이 정도의 시간 지연은 시스템의 동작에 크게 영향을 주지는 않았으나, CAN 프로토콜을 이용한 제어 시스템 설계에서 중요한 고려 사항임은 분명한 사실을 알 수 있다[8,12,13]. 그림7은 상/하 구동시의 파형이며 좌/우 구동시의 파형 또한 거의 비슷한 결과값을 가지므로 추가로 나타내지 않는다. 그림8은 미러를 접을 때와 펼칠 때의 파형이다. 파형에서 관찰되는 전압은 SLIO2의 모터드라이브칩(TA7279A)에서 모터로 인가된 전압값이다.



[그림 7] 전동 거울의 상하 구동시 파형  
[Fig. 7] A waveform of signals when the mirror moves upward and downward.



[그림 8] 전동 거울을 접을 때(왼쪽)와 펼칠 때(오른쪽)의 파형  
[Fig. 8] A waveform of signal when the mirror is folding (left) and unfolding(right).



[그림 9] 전동거울의 위치 복귀시의 파형  
[Fig. 9] A waveform of signals when the mirror is moving to a memorized position.

그림 9는 사이드미러의 임의의 위치(상하:M1, 좌우:M2)를 저장하고 상/하, 좌/우 위치를 저장된 위치에서 다른 위치로 이동시킨 후(상하:1, 좌우:2) 다시 원래의 위치로 복귀하는 결과 파형을 나타내었다. 이를 위해서 3.1.2절에서 추가로 언급한 SLIO2에 할당된 4개의 기존 위치 저장/복귀 입출력 단자와 8bit A/D 컨버터를 사용하게 된다.

이 과정에서 원래의 위치로 복귀하는 도중에 약간의 시간 지연이 발생하는 문제가 있는 것을 볼 수 있는데(그림 9의 점선 원 부분), 이것은 P82C150의 칩셋 특성으로 일정 거리를 이동 후 현재 위치 값과 복귀 위치값을 다시 비교하여 각 노드의 초기화 및 ADC 과정을 반복 수행시켜야하는 과정에서 발생하는 현상이다. 이 현상은 P82C150 이외의 다른 칩셋을 사용할 경우 해결할 수 있지만, 본 논문에서는 전동 거울의 기능적인 측면에서 보았을 때 큰 문제를 일으키지 않아 교체하지 않고 사용하였다. 하지만 이것은 적용 대상 시스템에 따른 CPU 및 기타 칩셋 선택 또한 최적화된 시스템을 설계하는데 중요한 요소가 됨을 의미하고 있다.

## 6. 결론

본 연구에서는 자동차 아웃사이드 미러를 제어하기 위해 CAN을 이용한 멀티플렉싱 시스템을 구현하였다.

이를 통하여 차량 내 각종 전장 시스템과 ECU들을 제어하는 데 있어서 배선 수를 줄일 수 있음으로 해서 고장 발생 요인을 줄이는 한편, 협소한 자동차 내에서 효과적인 실장 공간을 제공할 수 있다는 등의 장점을 확인할 수 있었다. 아울러 구현된 자동차의 전동거울 시스템은 기존에 장착되어 있는 하드웨어나 소프트웨어를 교체할 필요 없이 새로운 기능을 수행하는 다른 노드를 연결할 수 있는 확장성 및 유연성을 가지고 있음을 알 수 있었다. 이렇게 개발 목적과 형태에 따라 다양한 시스템 특성에 부합되도록 할 수 있다는 것은 이러한 분산 제어 시스템이 자동차 산업 뿐 만이 아닌 실생활의 다양한 여러 시스템에 적용되도록 할 수 있다는 것을 의미하며, 앞으로 이에 대한 추가적인 연구가 활성화 되어야 할 것으로 생각된다.

## Reference

[1] Electronic Engineering Co., "The Concept of CAN Protocol," Electronic Engineering Magazine, pp.114-120,

Feb. 1998.

- [2] BOSCH, CAN Specification, Part A,B 1991.
- [3] Ken Tindell, Alan Burns, "Guaranteed Message Latencies for Distributed Safety-Critical Hard Real Time Control Network," report YCS229, Department of Computer Science, University of York, May 1994.
- [4] J. Yun, S. Nam, K. W. Kim, and S. Lee, "Evaluation of Network Protocols for Automotive Data Communication", J. of Control Automation and Systems Engineering, vol.3, no.6, pp.632-638, Dec. 1997.
- [5] Y.H. Song, J.H. Park, K.C. Lee, and S. Lee, "Network-based Distributed Approach for Implimentarion of an Unmanned Autonomous Forlift," Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, v.16, no.9, pp.898-904, 2010.
- [6] M. Shin, W. Lee, M. Sunwoo, and S. Han, "Development of a Body Network System with OSEK/VDX Standards and CAN Protocol," Transactions of Korea Society of Automotive Engineers, v.10, no.4, pp.175-180, 2002.
- [7] Cha-Keun Cheong, "A System Development for Car Signal and Sensor Control with Controller Area Network(CAN) Communication Protocol," J. of the Institute of Signal Processing and Systems, vol.3, no.3, pp.54-62, 2002.
- [8] J. Rufino, P. Verissimo, "A Study on the Inaccessibility Characteristics of the CAN," 2nd International CAN Conference, 1995.
- [9] Dong-Jin Oh, "Development of a Mutiplexing Method for Multi-System Control," Master Thesis, SungKyunKwan Univ., 1999.
- [10] Philips Semiconductor, "SJA1000 Standard-Alone CAN controller Product," Datasheet, Jan. 2000.
- [11] Philips Semiconductor, "P82C150 CAN Serial Linked I/O device(SLIO) with digital and analog port function," Datasheet, Jun. 1996.
- [12] K. W. Tindell, A. Burns, and A. J. Wellings, "An Extendible Approach for Analysing Fixed Priority Hard Real-Time Task," Real-time System, vol.6, no.2, pp.133-151, 1994.
- [13] K. W. Tindell, A. Burns, A. J. Wellings, "Guaranteeing Hard Real Time End-to-End Communications Deadlines", RTRG/91/107, Department of Computer Science, University of York, Dec 1991.

**윤 상 진(Sang-Jin Choi)**

[정회원]



- 2002년 2월 : 성균관대학교 대학원 전기공학과(공학석사)
- 2002년 1월 ~ 2002년 7월 : 한국전자부품연구원 연구원
- 2002년 7월 ~ 2006년 4월 : (주) 팹택엔큐리텔 선임연구원
- 2006년 4월 ~ 현재 : Cambridge Silicon Radio(CSR) Korea, Connectivity S/W Team Manager

<관심분야>

제어공학, 근거리 무선통신(Bluetooth, WIFI, NFC)

---

**최 군 호(Goon-Ho Choi)**

[정회원]



- 1995년 2월 : 성균관대학교 대학원 전기공학과(공학석사)
- 1999년 2월 : 성균관대학교 대학원 전기공학과(공학박사)
- 1999년 1월 ~ 2006년 3월 : (주) 한미반도체, 한올로보틱스, 다사 로봇 근무
- 2006년 3월 ~ 2010년 2월 : 한국기술교육대학교 대우교수
- 2010년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 정보미디어 연구소 수석연구원

<관심분야>

제어공학(강인제어, 분산제어), 로보틱스