

Controller Area Network (CAN) 통신 프로토콜을 사용한 자동차 Network의 다중화 기법의 개발에 관한 연구

정 차 근
호서대학교 전기공학부

A Study on Development for Multiplexing of CAR Network with Controller Area Network (CAN) Communication Protocol

Cha-Keon Cheong
The School of Electrical Engineering, Hoseo University

ABSTRACT

This paper describes a development of the integrated controller system for car electrical signal control with CAN communication protocol. The CAN protocol is a robust serial bus system for the control of distributed module in the multiplexed network. After a brief of the main features of the CAN will be addressed, this paper presents the result of the development of the integrated hardware system overall control program.

요 약

본 논문에서는 최근 급속히 진전되고 있는 자동차 전기 신호의 통합제어를 위한 시스템의 개발에 관한 것을 간략히 기술한다. CAN 통신은 차량 내에 multiplexed network의 개념이 도입되어, 제어의 핵심모듈을 여러 곳에 분산시키고, 이들 각 모듈을 직렬 통신 프로토콜을 사용하여 제어하는 기법의 하나이다. 본 논문에서는 먼저 CAN 통신 프로토콜의 특징을 간단히 기술하고, 이를 이용한 차량의 각종 전기신호와 센서들의 통합제어를 위한 시스템과 프로그램의 개발에 관한 것을 소개한다.

I. 서 론

자동차 산업은 관련산업과 기술의 진전에 힘입어 비약적인 발전을 거듭하여, 오늘날 대중화와 더불어 신뢰성 및 안전성의 확보뿐만 아니라, 고급화, 운전의 편리성 등과 같은 기능의 구현에 대한 추구가 가속화되고 있다. 이에 따라 throttle valve나 연료주입, power steering, braking system 등과 같이 핵심기능을 수행하는 여러 기능의 신뢰성과 성능을 향상시키기 위한 자동조절의 필요성이 증가하고 있으며,

각종 기능에 대한 전자 시스템을 사용한 제어의 통합화가 급속히 이루어지고 있다. 또한, 자동차 사양의 고급화로 차내 전자 유니트의 수가 증가하고, 이들을 통합해서 모듈화하는 시스템 통합 기법이 진행되고 있다[3].

이로 인해 최근 선진 완성 자동차 업체뿐만 아니라 부품 업체를 중심으로 차량 내에 network의 개념을 도입하여 핵심 모듈을 여러 곳에 분산시키고 각 모듈간을 network으로 연결하여 제어하는 multiplexing 기법에 대한 연구가 급속히 이루어져 그 실현이 구체화되고 있다[6]. 이와 같은 network 개념의 도입으로 차내 전선사용의 획기적인 감소뿐만 아니라, 제어 및 고장의 진단을 용이하게 하고, 성능과 안전성의 획기적인 개선, 조립비용의 저감 등과 같은 자동차 품질과 Cost Down으로의 길을 개척해 나가고 있다.[3].

Controller Area Network (CAN) [2]은 시스템내의 센서나 networking intelligent 소자에 적합하도록 구성된 serial bus system의 통신 프로토콜에 관한 국제규격 (ISO11898)으로, 최대 1Mbps의 비트 전송율과 에러검출 및 에러 영향의 한정 등의 기능이 뛰어난 높은 레벨의 security를 가지면서 분산 실시간 제어를 효율적으로 지원하는 통신 프로토콜의 하나이다. 특히, 자동차의 엔진제어나 각종 센서류의 제어 등에 적합하도록 한 것으로 1989년 독일의 Bosch사가 구체적인 규격인 CAN 2.0 A/B를 제안한 이래, 전용 controllers 및 microcontroller 내장형을 포함하여 낮은 가격의 전용 부품이 개발되어 자동차의 통합제어에 핵심적인 기능을 수행하고 있으며, 그 응용이 급속히 진전될 것으로 간주된다 [7]. 따라서, 차내 전자 제어 시스템이 CAN과 직렬 통신을 사용한 network의 backbone화에 의한 제어시스템으로 통합화되어 갈 것이 확실시되고 있다.

본 논문에서는 CAN 통신 프로토콜을 이용해서 차량의 각종 전기신호와 센서들의 통합제어의 시스템 개발에 관한

것을 요약해서 보고한다. 본 연구에서 개발된 시스템은 기존 ETACS (Electronics Time and Alarm Control System)의 기능을 통합하고 성능을 개선할 수 있다.

II. CAN에 의한 다중 제어시스템

1. CAN 통신 프로토콜의 기본개념

CAN은 차량의 안전성, 편리성, 배기 가스량의 삭감 및 연비의 향상 등과 같은 기능을 향상시킬 수 있고, 분산 실시간 제어를 효율적으로 지원하는 serial communication protocol의 하나이다.

CAN 통신 network은 통상적인 network과 달리, station이나 가입자의 addressing이 필요 없으며, multi-master의 기능을 지원하는 serial bus system의 하나이다. 따라서, network내의 모든 CAN node로부터 data 전송이 가능하고, 하나의 master에서 network내 모든 node들에 공통의 message를 전송할 수 있는 broadcasting 기능도 지원하고 있다. 또한, bit 단위의 bus 중재가 가능하고, message의 우선 순위가 자동으로 할당되어 전송되므로 bus 충돌로 인한 문제가 발생하지 않는다. 각각의 node는 수신된 message내의 식별자로부터 acceptance filter를 사용해서 그 message를 수신할 것인지의 여부를 자동으로 결정할 수 있다.

CAN 통신의 가장 큰 특징은 매우 높은 transmission reliability를 갖는 점이다. 즉, 최대 1Mbps의 data rate를 보장하면서 error detection과 error confinement의 기능이 뛰어나다. 자동차에서의 CAN의 응용은 안전성, 승차감의 개선, 편리성, 강화되는 배기가스에 대한 규제, 연비의 향상 등과 같은 성능의 향상이나 새로운 기능의 추가에 대응하기 위한 방안의 하나로 자동차의 전자화가 진행됨에 따라, 그 필요성이 강조되고 있다.

2. Data 송수신과 Bus Arbitration

CAN에 의한 데이터의 전송은 고유번지의 지정 없이 "identifier"라고 하는 식별자에 의해 엔진의 rpm이나 온도 등과 같은 메시지의 내용이 식별되도록 한다. 이때 식별자는 메시지의 우선 순위나 그 내용을 정의한다. 임의의 제어기에서 하나 이상의 station에 메시지를 전송하고자 할 때는 전송할 데이터와 그들의 식별자를 할당된 CAN node에 보내도록 한다. 각 CAN node에서 bus의 사용이 가능하게 되면, CAN network내의 모든 station은 이 메시지의 수신기가 되고, 정확하게 수신된 경우 acceptance test를 실시한다. 시스템 구성의 유연성이 높아, 새로운 station이 수신전용으로 사용될 경우에는, 새로운 하드웨어나 소프트웨어의 변경 없이 기존 CAN network에의 station 추가가 매우 용이하다. 데이터 전송 프로토콜이 개별 시스템의 목적지 번지를

요구하지 않음으로, 모듈화가 가능하고 다중수신 및 분산 프로세서의 동기를 지원한다. 그림 1은 CAN network에 의한 다중 송수신의 기본구성을 나타낸 것이다. 즉, CAN station 2에서 전송된 message는 그 message내에 포함된 식별자를 다른 station (station 1, 3, 4) acceptance test를 실시한 후 수신여부를 자동으로 결정한다. 이로 인해 station 3은 송수신된 message가 필요없는 것으로 간주하여 수신하지 않게 된다.

실시간으로 데이터를 처리하기 위해서는 고속의 데이터 전송을 필요로 한다. 이는 1Mbps까지의 물리적인 데이터 전송 path 뿐만 아니라 다수의 station이 동시에 메시지 전송을 원할 때 빠른 bus 할당을 요구하게 된다. 이를 위해 CAN에서는 긴급한 데이터 전송을 위해 관련된 메시지의 식별자에 의해 전송의 우선 순위를 정해서 송수신 되도록 하고 있다. Bus 액세스의 충돌은 관련된 station 식별자의 bitwise arbitration에 의해 해결되도록 하고 있다. 이 경우, 낮은 값의 식별자를 갖는 node station이 높은 우선 순위를 갖게 된다.

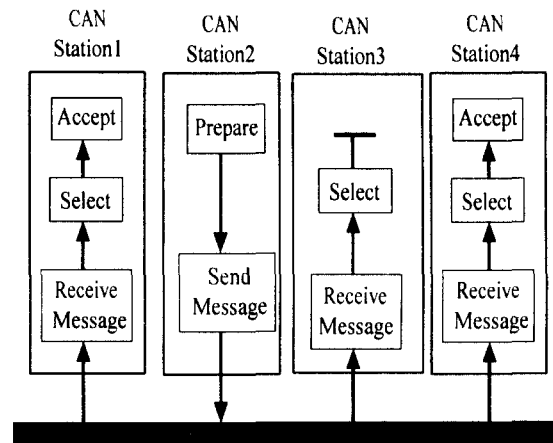


그림 1 CAN Network에 의한 다중 송수신의 구성도

3. Message Frame의 구성

CAN 프로토콜은 2가지의 message frame format을 지원한다. 즉, 11 bits의 식별자(ID)를 갖는 표준포맷과 29 bits의 ID를 갖는 extended format이 있다. 메시지 전송을 위한 message frame은 7개의 field로 구성된다. 그림 2는 CAN 규격 2.0A의 표준 포맷에 대한 message frame의 구성을 나타낸 것이다. 표준형의 message format에서 메시지는 start of frame(SOF)로 시작하고, ID와 RTR(Remote Transmission Request) bit를 갖는 Arbitration Field가 그 뒤를 잇는다. 그리고, Control Field는 standard format과 extended format을 식별하기 위한 IDE (identifier extension) bit를 갖는다. 다음으로 0 ~ 8 bytes의 가변량의 data를 갖는 Data

Filed와 bit error 검출을 위한 CRC Filed, ACK slot과 ACK delimiter bit를 갖는 ACK Filed등으로 구성되고, 메시지의 마지막은 End of Message에 의해 주어진다.

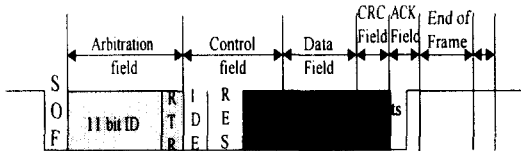


그림 2 Message frame for standard format

4. CAN에 의한 시스템 제어의 통합화

CAN 통신 프로토콜을 구현하는 형태에 따라 Standalone CAN controller와 Integrated CAN controller로 분류된다. Standalone CAN controller에서는 CAN 프로토콜 controller와 물리적인 bus 간의 인터페이스를 담당하는 CAN transceiver, CAN 통신을 수행하는 CAN controller, 주변 시스템을 포함해서 message의 생성과 처리를 수행하는 microcontroller를 각각 별도의 시스템으로 구현하는 방법으로 그림 3은 이들의 상호관계를 블록도로 나타낸 것이다. 따라서, Standalone CAN controller에 의한 CAN 통신의 구현은 전체시스템의 compact화는 어려우나, 개발된 프로그램을 microcontroller가 변경되어도 그대로 사용할 수 있는 이점이 있다.

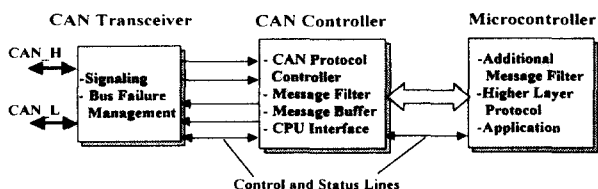


그림 3 The structure of standalone CAN controller

Integrated CAN controller에서는 CAN controller를 microcontroller 내부에 통합시킨 것으로 Standalone controller에 비해 하드웨어의 cost down이 가능하지만, 시스템의 controller가 변경되는 경우 software를 수정해야되는 단점을 갖는다. 그러나, on-chip controller는 전체 시스템의 reliability를 개선시킬 수 있고, message 송수신을 위한 data access time의 고속화가 가능하다. 그림 4는 on-chip controller의 개략적인 내부구조를 나타낸 것이다.

CAN bus를 사용해서 통신을 가능하게 하기 위해서는 각 node의 비트 타이밍이 동일하게 되도록 프로그램으로 timing 계수의 값을 조절해야 된다. 따라서 일반적인 CAN controller에서는 Bit Timing Register(BTR)내에 원하는 값으로 Bit Timing을 조절하고 이를 통해 송

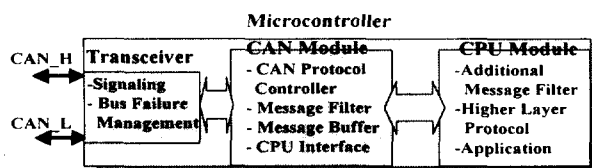


그림 4 The one chip CAN controller

수신되는 bit rate를 조절할 수 있도록 하고 있다. 그림 5는 timing 조절을 위한 time segment를 나타낸 것이다. 여기서, Nominal Bit Time t_{BIT} 는 각 segment duration의 합으로 다음 식과 같이 주어진다.

$$t_{BIT} = t_{SYNCSEG} + t_{TSEG1} + t_{TSEG2}$$

이 때 각 segment의 time duration은 Time Quantum (TQ)라고 하는 기본단위 시간의 정수배로 정의된다. TQ의 값은 system clock을 적당한 prescaler 계수값으로 조절한 것으로 CAN System Clock의 한 주기에 해당된다.

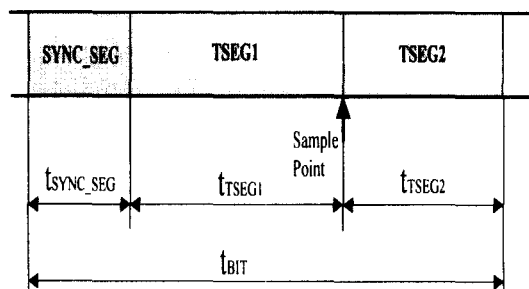


그림 5 CAN Bit Time Segment

CAN network의 wiring은 반사파나 잡음의 영향을 줄이기 위해 가능한 단일선 구조에 가까운 형태로 구성된다. 그림 6은 이와 같은 CAN network wiring의 한 예를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 CAN bus는 적당한 저항으로 양단을 종단시키는 것이 필요하다.

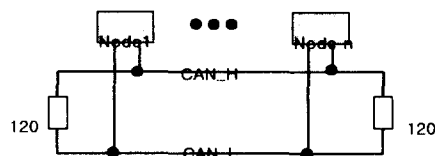


그림 6 CAN networking

일반적으로 CAN transceiver 칩에서는 CAN bus의 기준전압으로 (0.5 x Vcc)를 공급한다[5]. 따라서, Vcc = 5 [V] 인 경우의 CAN bus상에서의 전압 레벨은 기준 전압이 2.5V가 되고 CAN_H는 최대 3.5 V, CAN_L은 최저 1.5V의 범위내에서 변화되어 dominant bit 상태 (bit level "1")와 recessive bit 상태 (bit level "0")를 표현하게 된다. 즉, CAN_H = CAN_L = 2.5V 이면, 신

호는 recessive 상태를, CAN_H = 3.5V, CAN_L = 1.5V 이면 신호는 dominant 상태를 나타내는 것이다. 그림 7은 CAN bus 상에서의 물리적인 전압레벨에 따른 dominant bit와 recessive bit level을 개략적으로 나타낸 것이다.

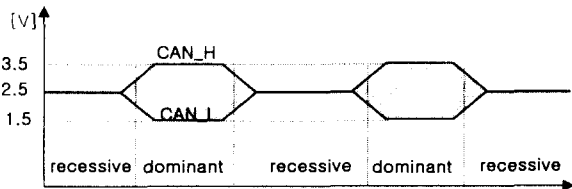


그림 7 Physical level for CAN_H and CAN_L

III. Sample System의 제작 및 구현

1. Hardware 시스템의 구성

CAN 통신 프로토콜에 의한 자동차의 각종 전기신호를 제어하는 ETACS 시스템 [4]과 각종 센서류의 제어를 구현하기 위해, 관련 시스템의 회로개발과 시스템 제작을 수행했다. 본 연구에서 사용한 시스템의 핵심 칩은 다음과 같다.

- Main Controller : Fujitsu FMC MB90F598 (16 bit Microcontroller with 128 Kbyte flash ROM) [1]
- CAN Transceiver: Philips PCA82C250 [5]

현재 on-chip controller는 개발되어 상용화된 칩이 없어 CAN controller의 내장형을 선정하고, microcontroller는 기존 ETACS 시스템에 적용되어 그 안정성이 보장되고, CAN 기능의 대응과 확장 가능성이 높은 것을 중심으로 가격이 저렴한 것을 고려해서 선정했다.

그림 8은 본 연구에서 개발한 main controller와 CAN transceiver에 의한 전체 시스템의 구성을 나타낸 것으로 각종 기능의 구현과 제어가 용이함과 동시에 비용이 저렴하게 되도록 했다. 각각의 controller에서는 직접 입력을 받아 이를 처리해서 출력하거나 다른 controller에 그 정보를 CAN bus를 통해 전송하여 이를 처리해서 출력하도록 제어된다.

2. 제어 프로그램의 개발

각 유니트의 controller에서 수행되는 프로그램의 개략적인 flow는 초기화 이후, 입력의 유무를 점검하고 입력되는 정보에 따라, 필요한 정보를 다른 유니트에 CAN bus를 전송하고 기능을 수행하도록 구성된다.

- 각 유니트에서 수행되는 CAN 통신 프로토콜은
 - 각 유니트의 acceptance filter의 설정을 통해 고유의 번지를 할당,
 - Message는 정보가 제어되어야 할 유니트의 식별자를 삽입하여 전송함,
 - Message의 수신은 acceptance test를 시행하고, 이를 만족하면 interrupt를 통해 자동으로 수신되도록 함.

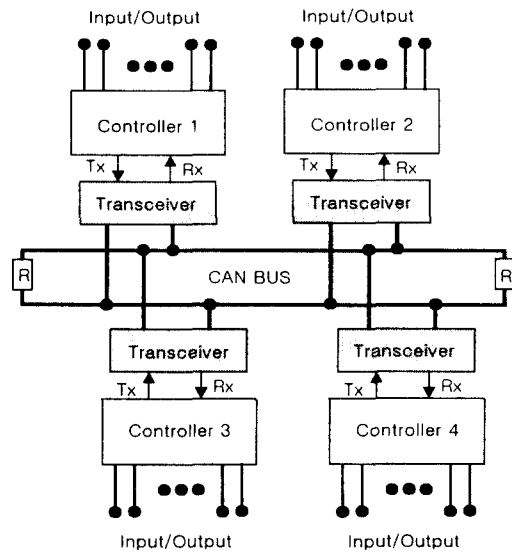


그림 8 ETACS System with CAN Commun.

등으로 구성되어 안정적인 통신이 이루어지도록 했다.

IV. 결 론

본 연구에서는 CAN 통신에 의한 자동차 신호제어 시스템 개발을 위해 controller와 주변 인터페이스 회로 및 제어 프로그램의 개발을 수행했다. 본 연구의 결과, CAN 통신의 높은 신뢰성과 각종 신호의 효율적인 제어가 가능함을 확인할 수 있었다.

본 시스템이 실용화되기 위해서는 cost effective 한 시스템 구성이 요구된다. 이를 해결하기 위해서는 저가격의 CAN 송수신과 입출력 포트만을 제어할 수 있는 칩 개발이 필요하다. 뿐만 아니라, 자동차의 특성상 안전성과 신뢰성을 확보할 수 있는 버스의 부하조건에 상관없이 통신을 가능케하는 버스제어가 필요하다.

자동차의 고급화가 진행될수록 신호제어를 위한 입출력의 수가 늘어나게 되고, X-by-Wire Car 등 새로운 개념의 기능을 도입하기에는 기존의 ETACS 만으로는 이들을 전부 수용하기에는 한계가 있다. 따라서 CAN 통신 프로토콜에 의한 통신 및 신호제어의 필요성은 더욱 증대하게 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] FMC-16LX Family 16-Bit Micro Controller, MB90595 series HardWare Manual, Fujitsu, 2000.
- [2] CAN Spec. Ver. 2.0 A and 2.0 B, Bosch; ISO11898-1.
- [3] <http://www.can-cia.de/>
- [4] 현대자동차 기술표준
- [5] Philips data sheet, PCA82C250; CAN Controller Interface
- [6] T. Fuhrer et al : "Time Triggered Communication on CAN ", Proc. 7th Int. CAN Conference. 2000.
- [7] E. A. Bretz : "By-wire cars turn the corner", IEEE Spectrum, pp. 68-73, April 2001.