

CAN을 이용한 차량 HVAC FAN용 DC Motor의 속도 제어

정재웅* 박종원** 홍정표* 손정기*** 권순재*
 *부경대학교 **효성전기 ***한국항만연수원

A SPEED CONTROL OF HVAC FAN DC MOTOR IN AUTOMOTIVE USING CAN

Jung Jae Woong*, Park Jong Won**, Hong Jung Pyo*, Son Jung Ki***, Kwon Soon Jae*
 *Pukyong University, **HyoSeong Electric, ***Korea Port Training Institute

ABSTRACT

최근 네트워크를 이용한 제어 시스템은 기존의 중앙집중식 제어방식을 벗어나 점차 분산형 제어 방식을 이용하고 있다. 이는 흔히 필드 버스타 일컫는 분산형 제어방식이 여러 가지 장점을 가지고 있기 때문이다. 특히 CAN(Controller Area Network)는 차량내의 Wiring Harness의 공간과 중량을 덜 차지하고 Controller 간의 빠르고 안정적이며 내구성이 우수한 차량 내 네트워크 프로토콜로 주로 사용되고 있다. 본 논문에서는 CAN 프로토콜을 이용하여 차량 HVAC FAN의 액추에이터로 사용되는 DC Motor의 속도 제어를 수행하였다.

이 매우 높기 때문에 제어 응용에 가장 적합한 프로토콜이라는 장점을 가지고 있다.^[3]

본 논문에서는 CAN을 이용하여 차량의 HVAC 시스템의 FAN 구동용 액추에이터로 사용되는 DC Motor의 속도 제어를 하였다. 이를 위하여 CAN의 데이터 전송방법, 메시지 프레임 형식 오류처리방식 등 CAN 프로토콜을 분석하였고 시스템에서 센서, 구동기, 제어기의 역할을 수행하는 CAN 노드를 설계, 제작하여 CAN 네트워크 시스템을 구축하였다. 또한 제어 대상인 HVAC 시스템의 FAN 구동용으로 사용되는 DC Motor의 동작 특성을 분석하고 CAN 네트워크 시스템과 연결하여 CAN을 이용한 제어 실험을 수행하였다.

1. 서론

최근 자동차 제조업체는 고객의 요구를 만족시키기 위하여 차량 내에 여러 가지 전기, 전자적 장치들을 장착하면서 전장 간의 통신을 필요로 하게 되었다. 이에 따라서 차량 내의 분산되어 있는 기기들을 모두 연결하기 위한 통신 선로가 크게 증가하여 설치비용이 늘어날 뿐 아니라 시스템이 복잡하게 되어 결과적으로 시스템 유지, 정비 및 확장을 어렵게 만들어 Wiring Harness가 상당히 복잡하고 비대해 졌다. 이것은 차량의 설계 및 운행과정에서 Wiring Harness가 차지하는 공간과 중량이 늘어나므로 에너지 소비와 비용 면에서 커다란 문제점으로 부각되고 있다. 따라서 공간과 중량을 덜 차지하고 전장 간의 빠르고 안정적이며 내구성이 우수한 통신방법을 요구하게 되었으며 이러한 문제점을 고려하여 1980년대 초반 독일의 Bosch 사에서는 새로운 차량용 제어용 네트워크 프로토콜인 CAN(Controller Area Network)을 개발하였다.^{[1][2]} 이후 CAN은 1993년 ISO-11898(고속 통신 네트워크 표준안), ISO-11519(저속 통신 네트워크 표준안)이 선정되면서 가장 주목 받는 제어용 네트워크 프로토콜로 자리 잡았다.

CAN의 응용 분야들은 데이터 링크 계층에서 규정된 기본 기능만으로는 수행할 수 없는 많은 서비스를 필요로 하기 때문에 응용 계층에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그 대표적인 것이 CiA(CAN in Automation)에서 승인한 CAL(CAN Automation Layer), SDS(Smart Distributed System), DeviceNet과 CAN Kingdom이다. CAN은 저가의 하드웨어 장치로 효율성이 높은 네트워크를 구축할 수 있으며, 프레임 오버헤드가 작아 크기가 작은 주기적인 데이터 전송에 적합하고, 강력한 오류처리 기능을 내장하고 있어 전송 데이터의 신뢰성

2. CAN

2.1 CAN의 계층 구조 분석

CAN은 표준 네트워크 모델인 OSI 7 Layer중 최하위 2계층인 물리계층(Physical Layer)과 데이터 링크 계층(Data Link Layer)만으로 구성되어 있다. 전체 시스템은 물리계층, 데이터 링크 계층과 응용계층(Application Layer)으로 구성되며 CAN을 이용한 시스템 설계 시 적용 대상을 고려하여 적절한 응용계층(Application Layer)을 함께 설계해야하는 특징을 가지고 있다. 표1은 각 계층의 구조와 기능에 대하여 설명하고 있다.

표 1 CAN의 계층 구조
 Table 1 CAN Layer Architecture

| | |
|--|--------------------------------|
| Application Layer | AT90CAN128 |
| Data Link Layer | AT90CAN128 (CAN Controller) |
| Object Layer | |
| - Message Filtering - Message and Status Handling | |
| Transfer Layer | AT90CAN128 (CAN Controller) |
| - Fault Confinement | |
| - Error Detection and Signaling | |
| - Message Validation | |
| - Acknowledgement | |
| - Arbitration | |
| - Message Framing | MCP2551 |
| - Transfer Rate and Timing | |
| Physical Layer | |
| - Signal Level Bit Representation | MCP2551 |
| - Transmission Medium | |

물리계층은 노드간의 직접적인 통신을 담당하는 부분으로 CAN_low, CAN_high 두 가닥의 선로만으로 통신을 하므로 복잡한 네트워크 선로 부담을 줄일 수 있다. 트위스트 페어를 전송 매체로 사용할 경우 최대 전송 속도와 사용거리는 1Mbps에서 40m 정도이다. 데이터 링크 계층은 전달 계층과 객체 계층으로 구분되는데 전달 계층은 CAN Bus상의 메시지를 받아 객체 계층에 전달하는 역할을 하며 전송률, 비트타이밍, 메시지 캡슐화 및 중재, 에러 감지 등을 수행한다. 객체 계층은 전달 계층으로부터 받은 메시지의 확인자(Identifier)를 통해 필터링하고 핸들링한다.

2.2 CAN 메시지 종류와 구조 분석

CAN 프로토콜은 데이터 프레임, 리모트 프레임, 오버로드 프레임, 에러 프레임의 4가지 메시지 형태를 제공한다.

그림1은 가장 기본이 되는 데이터 프레임과 리모트 프레임 형식으로 7개의 세부필드로 구성된다.

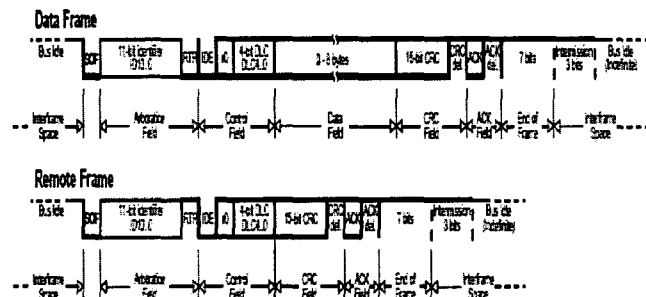


그림 1 CAN 데이터 프레임과 리모트 프레임 형식
Fig 1 CAN Data frames and Remote frame format

메시지 프레임의 시작은 SOF(Start Of Frame) 비트로 시작한다. 그 다음으로 Arbitration Field가 따라오는데 확인자(Identifier)와 RTR(Remote Transmission Request) 비트로 구성된다. RTR 비트로 데이터 프레임과 리모트 프레임을 구분한다. 확인자(Identifier)의 길이에 따라 통신 방식이 구분되어 지는데 비트 길이가 11비트일 경우를 CAN2.0A 29비트일 경우를 CAN2.0B라 한다. 그 다음으로 Control Field가 따라오는데 IDE(Identifier Extension)부분에는 CAN2.0B인 경우 IDE부분이 Arbitration Field에 포함되어 11비트의 확인자를 제외한 나머지 18비트의 확인자가 쓰여 진다. DLC(Data Length Code)에는 데이터 byte 수가 쓰여 진다. CAN에서는 최대 8 byte의 데이터를 한 프레임에 보내어 질수 있다. 그 다음으로 Data Field가 따라 오는데 DLC에 쓰여진 byte 길이만큼의 데이터가 전송된다. 리모트 프레임일 경우 이 Data Field가 없다. 그 다음으로 CRC(Cyclic Redundant Check) Field와 ACK(ACKnowledge) Field가 따라오고 EOF(End Of Frame) 비트로 프레임이 끝이 난다. 뒤 따르는 프레임이 없고 어떠한 노드에서도 버스 액세스가 없다면 버스는 Idle 상태가 된다.

3. CAN Node의 구성

3.1 CAN Node의 구조

CAN Network를 이행하기 위해서 각 Node의 하드웨어 구성은 크게 세 가지 구조를 가진다. 첫째로 Stand-Alone CAN Controller 타입으로 시스템상의 서로 다른 CPU간에 CAN

Network를 인터페이스 하는데 유리하다. 기존의 시스템 상의 Micro-controller에 독립적인 CAN Controller를 연결하여 Node를 구성한다. 둘째, Integrated CAN Controller 타입으로 Micro-Controller에 CAN Controller가 내장된 타입이다. 시스템상의 각 Node에 같은 CPU로 인터페이스 할 수 있는 경우가 가장 간단하게 CAN Network System을 구현할 수 있다. 셋째로는 CAN Serial Linked I/O Device 타입으로 CAN Controller에 I/O 기능이 첨가되어있는 경우로 가장 저가형으로 구성할 수 있는 Node의 형태이지만 저속이라는 단점이 있다.

3.2 CAN Node의 제작

본 논문에서 적용된 CAN Node는 Integrated CAN Controller 타입으로 Atmel사의 AT90CAN128을 사용하였다. AT90CAN128은 RISC와 파이프라인 처리기술을 기반으로 프로그램 메모리와 메모리를 접근하는 버스를 독립적으로 사용하는 하버드 구조의 8비트 Micro-Controller인 ATmega128 제품에 CAN Controller를 부가한 형태의 Micro-Controller이다.^[4] CAN 메시지를 CAN Bus와 연결하기 위해 Transceiver로 Microchip사의 MCP2551을 사용하였다. 그림 2는 본 논문에서 DC Motor 구동기에 적용된 CAN Node의 제작 구성도이다.

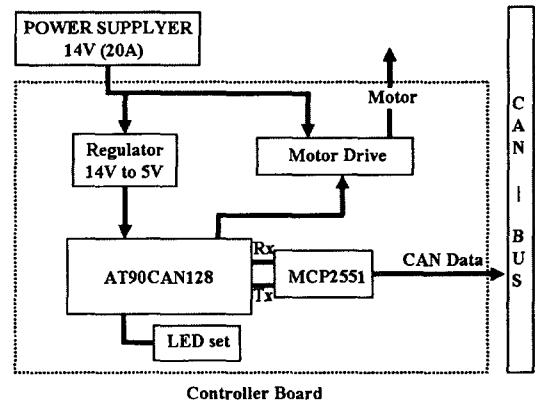


그림 2 DC Motor 구동기에 적용된 CAN Node의 제작 구성도
Fig 2 CAN Node internal structure for DC Motor controller

CAN 메시지 수신에 개략적인 확인을 위해 LED set를 연결하여 확인하였다. Encoder 센서 Node에서는 Encoder 출력 A, B, Z상을 카운트하여 RPM을 계산하여 CAN 메시지의 형태로 제어기 Node에 데이터를 전달할 수 있도록 설계되었다. 제어기 Node에서는 CAN 메시지형태의 RPM 정보를 피드백 받아 제어 연산을 수행한 후 구동기 Node상에서 Motor Drive의 PWM duty비의 결과로 나타나는 제어지령을 CAN 메시지형태로 CAN-Bus를 통해 전송할 수 있도록 설계되었다.

4. 실험 장치의 구성

4.1 전체 시스템의 구성

본 논문에서 차량 HVAC System의 FAN 구동용 DC Motor의 속도 제어를 수행하기 위해 HVAC 모듈에 장착된 상태로 DC Motor의 로터에 Encoder를 커플링하여 속도를 피드백 받아 각 단계별 입력에 대하여 일정한 속도를 유지하도록 구성하였다. CAN Network를 수행하기 위해 제어부, 구동부, 센서부에 각각 하나의 CAN Node를 설계하여 연결하였다. 그

림 3은 본 논문에서 구성한 제어 시스템의 개략도이다.

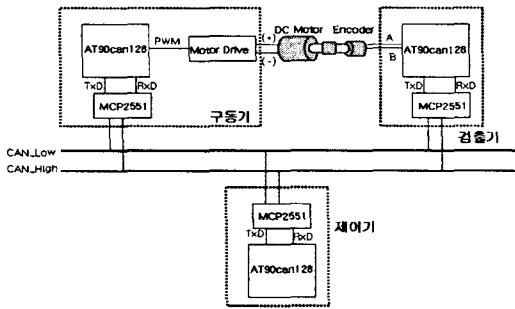


그림 3 CAN을 이용한 제어 시스템의 개략도.
Fig. 3 Simple Diagram of Control System Using CAN

구동기, 검출기 그리고 제어기상의 CAN 통신은 두가닥의 선으로만 이루어진다. 통신 방식은 CAN2.0A의 형태를 행하였고 CAN 통신의 전송 속도는 1Mbps이며 데이터의 길이는 2 Byte이다. 검출기에서는 Encoder의 A상 B상의 신호를 카운트하여 RPM을 연산하고 CAN_Bus 상에 RPM정보를 제공한다. 제어기에서는 이 RPM데이터를 수신하여 제어 연산을 수행한 후 구동기에 제어 입력 정보를 CAN_bus를 통하여 전송한다. 구동기는 제어 입력 정보를 송신하여 이에 맞는 PWM 신호를 Motor Drive에 전달하여 DC Motor를 구동시킨다. HVAC System의 FAN 구동용 DC Motor는 빠른 응답성을 요구하는 것이 아니므로 정밀한 제어 보다는 일정한 속도에 정해진 시간 안에 추종하는 것이 중요하다. 이는 전체 HVAC system이 가지는 동 특성 때문이다. 이와 같이 빠른 응답을 얻을 필요가 없으므로 가속 시 피크 전류에 의한 Motor Drive의 파괴를 피하기 위해 2초에서 8초 사이의 긴 과도시간을 가지고 일정한 속도에 추종하도록 설계하였다. 그림 4는 실험장치의 사진이다.

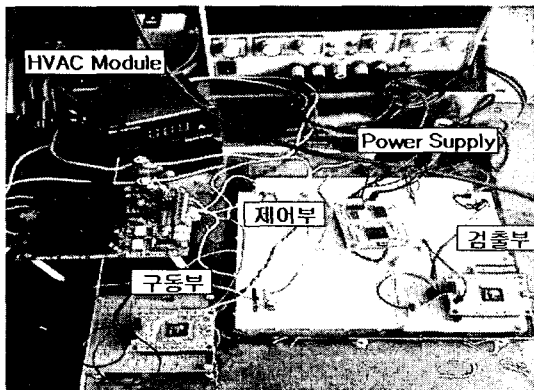


그림 4 실험장치
Fig. 4 Experiment Set

5. 결론

본 논문에서는 차량 네트워크로 주로 쓰이는 CAN Network를 이용하여 차량 HVAC system의 FAN 구동용 DC Motor에 대한 속도 제어를 수행하였다. 또한 CAN 프로토콜을 분석하였으며 실험을 이행하기위해 CAN Node를 설계 제작하였다. 1Mbps의 전송 속도를 통하여 만족할만한 실험 결과를 얻을 수 있었다. CAN은 1 대 다수의 통신이 가능하며 우수한 오류 검출 기능을 가지고 있다. 또한 최대 1Mbps의 통신 속도

와 최대 8 byte의 데이터 길이를 가지고 있기 때문에 다수의 전장 시스템의 실시간제어, 고장 진단, 모니터링에 용이하다 할 수 있다. 차량 내의 늘어나는 전자, 전기 시스템 상에 CAN Network를 사용함으로써 본 논문에서 언급한 여러 가지 장점을 활용할 수 있을 것으로 기대 된다.

참고 문헌

- [1] BOSCH, CAN Specification, Part A/B, 1991.
- [2] 이원무, "CAN(Controller Area Network)을 이용한 아라고 원판 시스템 제어", 성균관대학교 공학 석사 학위 논문, 2002.
- [3] "CAN high-speed Physical Layer", CAN in Automation(CiA) <http://www.can-cia.de>, 2002.
- [4] ATMEL, AT90CAN128 Datasheet, 9, 2005.
- [5] 윤덕용, "AVR ATmega128 마스터", Ohm사, 2003 p.11~p.20.
- [6] Hong-Hee Lee "A STUDY ON SPEED SYNCHRONIZATION FOR MULTI-MOTORS USING CONTROLLER AREA NETWORK", IEEE, 2000.