

CAN 네트워크에서의 동적 마스터 시스템에 관한 연구

원지운^o, 김대환, 홍원기, 이용두

대구대학교 정보통신공학

wonjiwoon@naver.com^o, {thkim, wkhong, ylee}@daegu.ac.kr

Study on a Dynamic master system for Controller Area Network

Ji-Woon Won^o, Tae-Hwan Kim, Won-Kee Hong, Yong-Doo Lee

Dept. of Information and Communication, Daegu University

요 약

CAN(Controller Area Network)은 시스템이 간단하고 저렴하게 구현 할 수 있는 필드버스(Field bus)로써 1980년대 독일의 BOSCH사에 의해 자동차 제어용 네트워크로 개발되었고, 실시간 계측제어 능력이 우수하여 산업전반(산업 자동화, 건물 자동화, 의료 장비, 열차, 중장비 차량)에 사용되고 있다. 본 논문에서는 CAN의 단일 마스터 시스템(Single Master System)에서 마스터 노드에 문제가 발생할 때, 전체 시스템이 다운되는 현상을 막기 위해 마스터 노드를 동적으로 변화시키는 동적 마스터 시스템(Dynamic Master System)을 제안하고 기존의 시스템과 비교하여 시스템의 가용성을 알아보았다.

1. 서 론

최근 들어 고객의 안정과 편리성을 우선으로 하는 자동차 업계의 동향으로 각종 전자제어 장치 및 센서의 사용이 증가되고 있다. 늘어나는 전자제어 장치와 센서간의 통신 및 제어를 위해서 중앙집중 제어방식에서 분산제어 방식으로 기술발전이 이루어지고 있는 추세이다. 또한 분산제어 시스템의 효과적인 제어를 위하여 네트워크 기반의 분산제어 시스템의 필요성이 요구되어 왔다. 이런 요구사항을 만족시키기 위해 1983년 독일의 BOSCH사는 자동차 내의 각종 제어 장비들 간의 통신을 제공하기 위해 차량용 분산네트워크 시스템인 CAN(Controller Area Network)을 개발 하였다.

외부 노이즈에 강인성을 가진 CAN은 통신 에러율을 최소화하여 높은 신뢰성을 바탕으로 자동차뿐만 아니라 산업 전 분야에 폭 넓게 사용되고 있다. 또한 유압에 의해 제어 되던 차량의 제어 시스템들이 전자제어시스템으로 바뀌면서 센서 및 전자 장비의 사용이 더욱 증가 되면서 CAN의 사용이 증가되고 있다[1,4].

CAN은 단일 마스터뿐만 아니라 다중 마스터기능을 가지고 있다[7]. CAN은 내부적으로 오류 검출과 오류 처리 구조를 가지고 있으며, 전자파 장애에 대한 강력한 내성을 가지고 있다. 하지만 마스터 노드에 문제가 생기면 단일 마스터 시스템의 경우에는 전체 시스템이 마비되고, 다중 마스터 시스템의 경우, 마스터 노드에 부착된 여러 센서가 동작을 하지 못하는 문제점을 안고 있다. 본 논문에서는 이런 문제를 해결하기 위해 단일 마스터 시스템에서 마스터 노드 외에 보조 마스터(Sub-Master node)를 두어 마스터 노드가 기능을 발휘하지 못 할 경우 보조 마스터가 마스터 노드 기능을 대신하는 동적 마스터 시스템을 제안하고 기존 시스템과 CAN 프로토콜 분석을 통해 제안하는 시스템의 가용성을 알아보았다.

2장에서는 CAN 프로토콜에 대해서 알아보고, 3장에서는 본

논문에서 제안하는 동적 마스터 시스템에 대해 소개한다. 마지막 4장에서는 결론 및 향후 연구과제에 대해 기술한다.

2. CAN 프로토콜

CAN 통신 프로토콜은 자동차 내의 각종 제어 장비들 간의 통신을 제공하기 위해 1983년 독일의 BOSCH사에 의해 개발된 차량용 네트워크 시스템으로, 1993년 ISO 국제 표준 규격으로 제정되었다[3,6]. CAN은 다른 통신 프로토콜에 비해 가격대비 성능이 우수할 뿐 아니라, 외부 전자파나 노이즈에 강해 자동차뿐만 아니라 산업 자동화, 건물 자동화, 의료 장비, 열차, 중장비 차량 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

CAN은 CSMA/CD-NDBA(Carrier Sense Multiple Access with Non-destructive Bitwise Arbitration)라는 메시지 전송 메커니즘을 가지고 있다. CSMA/CD는 이더넷 전송 프로토콜로써 IEEE 802.3 표준에 정의되어 있다. 이는 데이터를 전송하려는 노드가 네트워크상에 다른 노드가 통신하고 있는지를 조사하고 신호가 송출되고 있지 않으면 데이터를 전송하는 구조이다. CSMA/CD방식은 다중 노드들이 동일한 네트워크에 부착되는 것이 가능하며, 충돌한 패킷들을 전송하는데 소요되는 대역폭을 줄일 수 있다. 이 기법은 버스에 많은 노드가 부착되어 부하가 발생하면 지연이 일어난다. 이러한 지연을 피하기 위해, CAN 버스에서 두 개의 노드가 동시에 전송할 때, 하나의 메시지에 우선순위를 갖게 하는 방법을 사용하는데 이를 비파괴 비트별 중재(Non-Destructive Bit-wise Arbitration)기법이라 한다. CAN 버스의 각 노드는 유일한 11비트 또는 29비트의 식별자를 가지며, 식별자를 통하여 우선순위가 높은 메시지가 전송된다. CAN 버스에서는 '0' 비트가 '1' 비트에 우선권을 가지고 있다. 따라서 더 낮은 ID번호를 가진 노드가 우선순위가 높게 되고 먼저 버스를 선점하게 된다. 즉, 두 개 이상의 노드가 동시에 메시지를 전송하면 각 메시지는 서로 식별자를 1비트씩 비교하여 제일 높은 우선순위의 메시지는 전송되고 낮은 우선순위의 메시지는 전송이 중단된다.

CAN 통신 프로토콜은 제어 장비 및 센서노드 간의 정보교환 방식을 ISO의 OSI 참조 모델에 의거하여 [그림 2]와 같이 7계층 중 하위 2계층인 데이터링크 계층과 물리 계층을 사용하고 있다[2].

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음

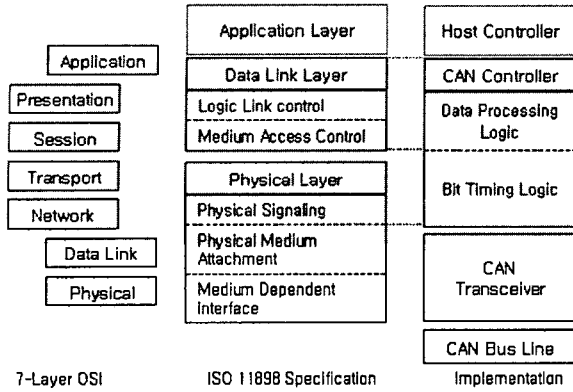


그림 1. CAN 프로토콜의 계층구조

2.1 CAN 메시지 형식

CAN은 4개의 프레임(frame) 타입으로 되어 있다. 4개의 프레임은 데이터 프레임, 원격 프레임, 에러 프레임, 오버로드 프레임이며 그 기능은 아래 [표 1] 과 같다.

표 1. 메시지 프레임의 종류와 기능

종류	기능
Data Frame	전송노드에서 수신노드로 데이터를 운반하는 프레임
Remote Frame	다른 노드로부터 데이터 전송 요구를 하기 위한 프레임
Error Frame	수신한 노드에서 에러 검출 시 전송하는 프레임
Overload Frame	내부적인 과부하 상태로 데이터 프레임 또는 원격 프레임의 지연시 필요하거나 에러 조건에 있을 때 발생하는 프레임

표준 CAN 메시지의 데이터 프레임은 7개의 서로 다른 필드로 구성되어 있으며 최대 8바이트의 데이터를 전송할 수 있다 [5]. SOF(Start Of Frame)은 메시지 프레임의 시작을 표시한다. 중재 필드(Arbitration Field)는 11비트의 식별자와 원격 전송 요구 RTR(Remote Transmission Request)비트를 가지며, RTR 비트 값이 0 일 때는 데이터 프레임, 1일 때는 원격전송요청을 의미한다. 제어필드(Control Field)는 6비트로 구성되며, 2비트의 예비 비트와 4비트의 데이터 길이 코드(DLC=Data Length Code)로 구성된다. 데이터 필드(Data Field)는 전송하고자하는 데이터를 포함하며 0~8바이트로 구성된다. CRC(Cyclic Redundancy Check) 필드는 15비트의 주기적 중복확인 CRC코드와 1비트의 딜리미터로 구성되며 메시지의 에러 유무를 체크하게 된다. ACK 필드는 2비트로 구성되며 1비트의 ACK 슬롯과 1비트의 ACK딜리미터로 구성된다. 프레임 종료 필드(EOF=End Of Frame Field)는 7비트로 구성되며 모두 1의 값을 가지고 메시지의 끝을 알린다.

표2. 표준 CAN 데이터 프레임

SOF	Arbitration Field	Control Field	Data Field	CRC Field	ACK Field	EOF
-----	-------------------	---------------	------------	-----------	-----------	-----

2.2. CAN 통신

CAN은 기본적으로 단일 마스터 기능뿐만 아니라 다중 마스터/슬레이브 기능을 가지고 있다. 이는 각각의 프로세서는 우

선순위가 존재하지만, 마스터가 될 수 있고 슬레이브도 될 수 있음을 의미한다.

다중 마스터 시스템은 하나의 CAN 버스에 여러 개의 마스터가 존재하며, 하나의 마스터에 여러 개의 센서 노드 및 전자장비가 부착되어 있다. 센서 및 전자 장비가 많은 자동차 및 의료장비에 주로 사용되며 시스템이 분산되어 있어 마스터 노드에 걸리는 부하가 줄어들고 단일 마스터 시스템에 비해 신뢰성은 높으나 마스터 노드가 이상이 생기면 마스터 노드에 부착된 센서는 제 기능을 발휘 하지 못하는 문제점이 있다.

단일 마스터 시스템은 [그림 2]와 같이 하나의 CAN 버스에 하나의 마스터가 존재하며 버스에 연결된 모든 노드들은 센싱한 값을 마스터 노드에 전송하게 되고 마스터 노드는 이를 수합하여 모니터링 시스템으로 전송하게 된다. 이 시스템은 공장 자동화 및 가정 자동화 등 간단한 시스템에 주로 사용되며 시스템이 간단하여 구현이 쉽고 관리가 편한 이점이 있다. 반면에 마스터 노드의 부하가 증가하게 되고, 마스터 노드에 이상이 생기면 전체 시스템이 기능을 상실하게 되는 문제점이 있다.

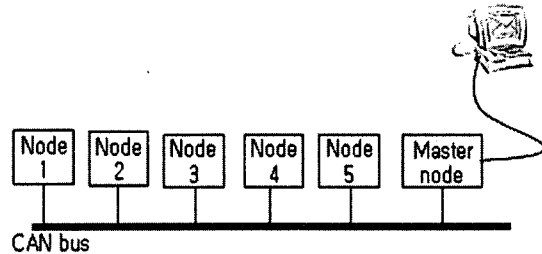


그림 2. 단일 마스터 시스템

3. 동적 마스터 시스템

동적 마스터 시스템은 단일 마스터 시스템과 마찬가지로 하나의 CAN 버스에 하나의 마스터가 동작을 한다. 하지만 동적 마스터 시스템은 [그림 3]과 같이 CAN 버스에 여러 개의 보조 마스터가 존재하며 단일 마스터 시스템과는 달리 마스터 노드에 이상이 생기면 보조 마스터가 이를 감지하고 마스터 기능을 대신하게 되어 시스템의 신뢰성을 높인다.

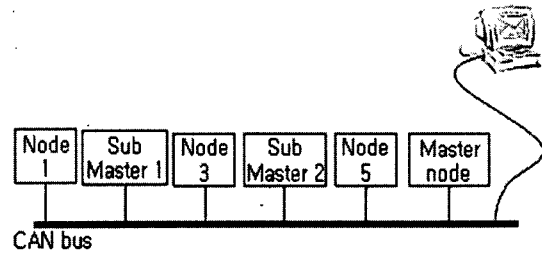


그림 3. 동적 마스터 시스템

동적 마스터 시스템은 기존의 CAN을 그대로 사용하기 때문에 호환성 및 확장성이 용이하다. 보조 마스터는 마스터 노드가 정상적으로 동작 할 때는 다른 센서 노드와 같이 센서 노드로 동작하다가 마스터 노드에 문제가 생기면 보조 노드가 마스터 노드 역할을 하게 된다.

본 논문에서는 마스터 노드에 문제가 생겼을 때 이를 감지하고 보조 마스터로 전환하는 두 가지 알고리즘을 제안한다. 두 알고리즘은 각각 장단점이 있어 개발 환경에 적합한 알고리즘을 사용해야 한다.

첫 번째 알고리즘은 [그림 4]와 같이 슈퍼 마스터를 이용하여 보조 마스터를 선정 하는 방법이 있다. 슈퍼 마스터는 모니터링 시스템이 그 역할을 하게 된다. 마스터 및 보조 마스터는 슈퍼 마스터에 연결되고, 마스터 노드는 전체 노드로부터 수합

된 센싱정보를 슈퍼 마스터에 송신하게 된다. 마스터 노드로부터 센싱정보가 더 이상 수신되지 않을 때, 슈퍼 마스터는 마스터 노드가 이상이 있음을 인지한다. 슈퍼 마스터는 연결되어 있는 보조 마스터에 ID를 요청하게 되고 모든 보조 마스터는 자신의 ID를 슈퍼 마스터에 송신하게 된다. 슈퍼 마스터는 수신된 ID중에서 우선순위가 높은 보조 마스터를 마스터로 선정하게 되고 그 결과를 모든 보조 마스터에 전송한다. 우선순위가 낮은 보조 마스터는 계속해서 센서 노드역할을 하고, 새로운 마스터는 CAN 버스에 연결된 모든 노드에 마스터 노드가 바뀐 것을 브로드 캐스트 하게 된다. 그리고 각 센서 노드는 새로운 마스터 노드에 센싱 정보를 전송하고 새로운 마스터는 센싱 정보를 수합하여 다시 슈퍼 마스터에 전송한다.

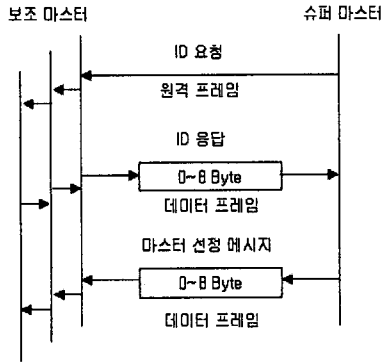


그림 4. 슈퍼 마스터에 의한 마스터 노드 선정 메시지 프레임

두 번째 알고리즘은 CAN 버스에 부착되어 있는 보조 마스터 간의 통신을 통해 동적으로 마스터를 선택하는 방법이다. 보조 마스터를 마스터로 선정하기 위한 알고리즘은 [그림 5]와 같다. 우선 서버 마스터는 센서 노드로 동작을 하다가 마스터 노드로부터 응답 메시지가 도착하지 않으면 마스터 노드에 이상이 생겼음을 인지한다. CAN 버스에 있는 모든 보조 마스터들은 자신의 ID를 브로드캐스트 한다. CAN 버스에 있는 모든 보조 마스터의 ID를 수신한 각 보조 마스터는 자신의 ID와 비교한 후 우선 순위가 높은 보조 마스터가 마스터 노드로 선정된다. 선정된 보조 마스터는 자신이 마스터 노드가 되었음을 CAN 버스의 모든 노드에 브로드 캐스트 한다. CAN 버스에 연결된 모든 노드는 센싱한 값을 새로운 마스터 노드로 전송하게 된다. 마스터 노드로 선정된 노드는 센서 노드의 기능과 마스터 노드의 기능을 동시에 수행하게 되고 서버 마스터 기능은 끝나게 된다.

위의 두 방법은 개발 환경에 따라 가변적으로 선택될 수 있으며 일반적으로 슈퍼 마스터를 이용하여 보조 마스터를 선택하는 방법은 제어 및 마스터 노드로의 전환이 용이하나, 시스템의 유연성이 떨어져 개발환경이 바뀌게 되면 하드웨어 및 소프트웨어 적으로 설정을 다시 해 주어야 하는 불편함이 있다. 반면에 보조 마스터간의 통신을 이용한 방법은 시스템은 복잡하지만 CAN 버스내에서 전환이 이루어지기 때문에 확장성 및 유연성이 뛰어나다.

4. 결론 및 향후 연구과제

자동차의 전자제어 기술의 발달과 사용자의 편의성 및 안전성을 높이기 위해 센서 및 전자시스템의 사용이 증가하면서 CAN 시스템의 사용이 증가되고 있다. CAN 시스템은 애러 감지와 전자파 장애에 대한 강한 내성으로 높은 신뢰성을 가지고 있지만 물리적으로 마스터 노드에 이상이 생길 경우 단일 마스터 시스템은 전체 시스템이 다운되는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 CAN 시스템에서 마스터 노드의 신뢰성을 높여 전체 시스템을 안정적으로 구동하기 위한 동적 마스터 시스

템을 제안하였다. 이 시스템은 단일 마스터 시스템에서 마스터 노드에 문제가 생기면 전체 시스템이 다운되기 때문에 마스터 노드 역할을 대신 할 여러 개의 보조 마스터를 배치하여 마스터 노드 역할을 대신 하게 하였다. 보조마스터는 마스터 노드가 정상적으로 동작할 때는 센서노드로 동작하고 마스터 노드에 이상이 생기면 우선순위가 높은 보조 마스터가 제안하는 두 가지 알고리즘에 의해 마스터 노드로 선정되어 마스터 노드 역할을 대신하는 시스템이다. 이 시스템은 여러 개의 보조 마스터를 사용하여 동적으로 마스터를 선정함으로써 단일 마스터 시스템의 신뢰성을 높였다.

앞으로 동적 마스터 시스템을 센서 및 전자제어 장치에 적용하여 시스템 가용성을 검증하고자 한다.

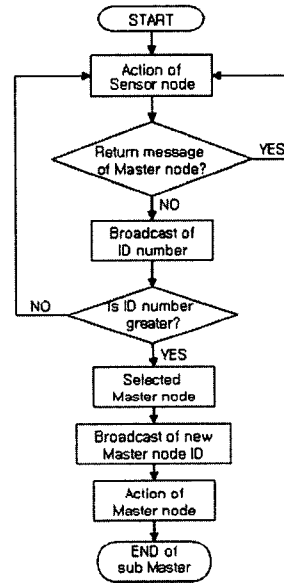


그림 5. 동적 마스터 시스템에서 새로운 마스터 노드를 선정하기 위한 알고리즘

5. 참고문헌

- [1] Schickhuber, G, McCarthy, O, "Distributed fieldbus and control network systems", Computing & Control Engineering Journal, Vol. 8, No. 1, pp 21-32, Feb 1997.
- [2] International Standard 11898: Road Vehicles-Interchange of Digital Information Controller Area Network(CAN) for High-Speed Communication, ISO, 1993
- [3] K.Etschberger, "Controller Area Network", IXXXAT Press, 2001
- [4] Gabriel Leen, Donal Heffernan, "Expanding Automotive Electronic Systems", IEEE pp 88-93, January, 2002
- [5] William E. Seitz, " Controller Area Network in Embedded Machine Control", Control in Automation, North America, 2004
- [6] G. Cena, A. Valenzano, " An Improved CAN Fieldbus for Industrial Applications", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 44, No.4, pp 553-564, August, 1997
- [7] ROBERT BOSCH GmbH. CAN Specification Version 2.0, 1991