

차량용 네트워크 Fail-Operational 알고리즘 구현

최혁준¹, 오성빈², 전재욱³

¹성균관대학교 전자전기공학부 학사과정

²성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 박사과정

³성균관대학교 반도체시스템공학부 교수

mick95@g.skku.edu, osb8252@g.skku.edu, jwjeon@skku.edu

An implementation of Fail-Operational Algorithm with automotive network

Hyeok-Jun Choi¹, Sung Bin Oh², Jae Wook Jeon³

¹Dept. of Electronic and Electrical Engineering, Sungkyunkwan University

²Dept. of Electronic and Electrical Engineering, Sungkyunkwan University

³Dept. of Electronic and Electrical Engineering, Sungkyunkwan University

요약

자동차 산업 기술이 빠른 속도로 발전되고 E/E(Electrical/Electronic) 시스템의 기능 안전 메커니즘이 중요시되고 있다. Renesas 社의 차량용 MCU 와 차량용 네트워크인 CAN(Controller Area Network)과 Ethernet 을 사용하여 통신이 끊기거나 Noise 가 발생해도 정상동작이 가능하도록 하는 Fail-Operational 알고리즘을 구현하였다. 이 연구를 통해 현재 기능 안전의 중요도가 높아지고 있는 자동차 기술 시장의 수요를 맞출 수 있을 것으로 기대한다.

1. 서론

현재 자율주행과 같이 자동차 산업 기술이 빠른 속도로 발전되고 사람의 힘을 대신하는 많은 기능들이 생기고 있어 E/E(Electrical/Electronic) 시스템의 기능 안전 메커니즘의 중요도가 높아지고 있다.

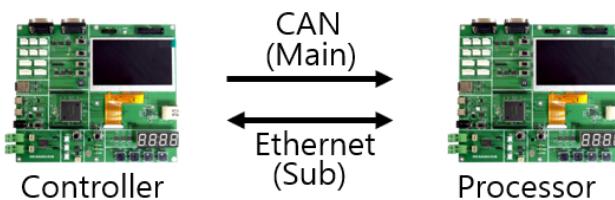
차량의 조향 장치의 동향에서 살펴보자면 차세대 조향 장치로 주목받고 있는 Steer-by-Wire 시스템은 기구적 연결없이 전기적인 신호를 통해 차량을 조향하는 시스템까지 개발되고 있다. 하지만 Steer-by-Wire 시스템은 시스템 고장 시 조향이 거의 불가능해지는 문제가 발생한다. 차량의 조향이 불가능해지면 사고로 직결되기 때문에 Fail-Operational 시스템의 중요도가 높아졌다 [1]. Fail-Operational 이란 기능 안전성의 중요성이 높은 시스템에서 결함이 발생하더라도 시스템이

계속해서 작동할 수 있는 것을 뜻하며, 차량 안전을 보장하기 위해 반드시 구현되어야 한다.

본 논문에서는 Renesas 社의 차량용 MCU 기반 임베디드 보드와 차량용 네트워크인 CAN(Controller Area Network)과 Ethernet 을 사용하여 통신이 끊기거나 Noise 가 발생해도 정상동작이 가능하도록 하는 Fail-Operational 알고리즘을 구현하였다.

2. 구현 방식

사용한 장비는 그림 1 과 같이 Renesas 社의 차량용 MCU 인 RA6M3 기반 임베디드 보드 2 대로 Controller 와 Processor 를 구성하였다. Main 통신으로는 CAN 통신을 사용하고 Sub 통신으로 Ethernet 통신을 사용하여 이중성을 보장하였다.



(그림 1) 구현 시스템 개요.

구현 방식은 CAN 통신과 Ethernet 통신에 같은 제어 데이터를 payload에 담아 Processor에 전달하고, Processor에서는 Ethernet 통신을 통해 받은 데이터를 전부 통합하고 데이터의 상태를 확인하는 error bit를 추가하여 Controller로 전송한다. 제어 데이터는 모터의 속도를 의미하는 ‘motorsp’에 alive counter를 추가하여 8bit로 구성하였다.

Controller는 통신에 이상이 있을 시 Sub 통신을 Main 통신으로 사용하게 구현하였다. 이상이 생긴 상황은 다음 두 가지 상황으로 구성하였고 Processor가 제어할 때 사용한 데이터를 확인하기 위해 PC로 UART(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) 통신을 통해 제어 데이터를 확인하였다.

첫 번째는 Main 통신이 끊겼을 때 Fail-Operation의 구현이다. Processor에서 Sub 통신을 통해 데이터를 전달받았지만 Main에서는 데이터를 전달받지 못했을 때 Sub 통신을 통해 전달받은 데이터로 제어하고 Controller로 Breakage error bit를 전달한다.

두 번째는 Main 통신에 noise가 발생했을 때의 구현이다. Processor는 기존의 전달받았던 메시지와 현재 메시지를 비교하여 현재 메시지가 신뢰할 수 있는 데 이터인지 판단한다. 신뢰할 수 없는 데이터인 경우, Sub 통신을 통해 전달받은 데이터로 제어하고 Controller로 Noise error bit를 전달한다. 여기서 Noise error bit는 17 번째 bit, Breakage error bit는 18 번째 bit로 전송하게 구현하였다.

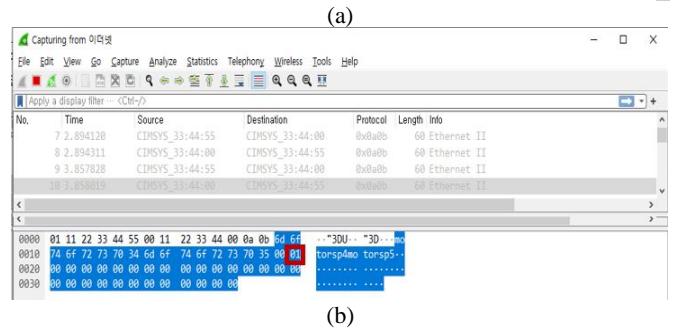
3. 실험 결과

통신의 끊김과 noise 발생은 Controller에서 의도적으로 Can 통신을 차단하거나 데이터의 noise를 추가하여 전송하는 것으로 실험환경을 구성하였다.

그림 2를 통해 4 번째 메시지까지 송신되고 CAN 통신이 끊겼을 때 Processor가 Controller로 보내는

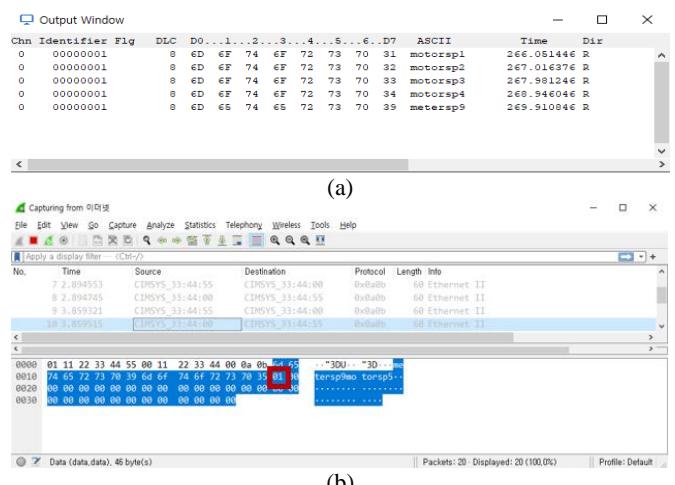
Ethernet 메시지에 18 번째 비트가 1로 되며 CAN 통신의 끊김을 Controller에 알림을 확인할 수 있다.

Output Window								
Chn Identifier	Flag	DLC	D0...1...2...3...4...5...6...D7	ASCII	Time	Dir		
0 00000001		8	6D 6F 74 6F 72 73 70 31	motorsp1	4222.561082 R			
0 00000001		8	6D 6F 74 6F 72 73 70 32	motorsp2	4223.526582 R			
0 00000001		8	6D 6F 74 6F 72 73 70 33	motorsp3	4224.491772 R			
0 00000001		8	6D 6F 74 6F 72 73 70 34	motorsp4	4225.457082 R			

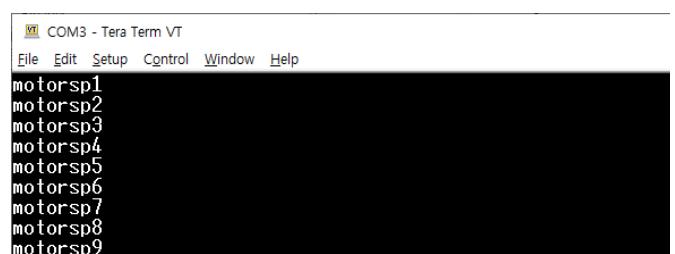


(그림 2) CAN 통신이 끊겼을 때 메시지 측정 결과 (a) CAN 메시지 (b) Controller에서 수신한 Ethernet 메세지

그림 3을 통해 CAN 통신의 5 번째 메시지에 Noise가 송신되었음을 확인할 수 있고 Processor가 Controller로 보내는 Ethernet 메시지에 17 번째 비트가 1로 되며 CAN 통신에 Noise가 발생했음을 Controller에 알림을 확인할 수 있다.



(그림 3) CAN 통신에 Noise가 발생했을 때 메시지 측정 결과 (a) CAN 메시지 (b) Controller가 수신한 Ethernet 메세지



(그림 4)UART 를 통해 PC 에서 확인한 데이터

그림 4 를 통해 alive counter bit 을 확인해 보면 Main 통신에 문제가 발생한 두가지 상황 모두에 대해서 시스템 오류 없이 Fail-Operation 이 정상적으로 동작하였음을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서 Main 통신에 noise 나 breakage 가 발생하였을 때에 Fail-Operational 이 되는 알고리즘을 구현하였다. 실험을 통해 구현한 알고리즘이 사용된 Fail-Operation 시스템이 제어 데이터에 이상이 없고 정상적으로 동작할 수 있음을 확인하였다. 본 알고리즘을 통해 Sub 통신으로 CAN 통신 대신 Ethernet 통신을 채택함으로써 양방향 통신으로 실시간 피드백이 가능하다. 또한 더 많은 데이터를 전송할 수 있어 통신의 상태 정보를 추가적으로 전달할 수 있어 더 높은 기능 안전성에 기여할 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0022098, 2023년 미래형자동차 기술융합 혁신인재양성사업)

참고문헌

- [1] 김경래, 김정래, 구태윤 “미래 차량을 위한 신개념 조향장치, Steer-by-Wire 시스템 양산개발 현황”, 한국자동차공학회, 43 권, 2 호, 13-19, 2021