

CAN 버스를 이용한 다중 UART 통신

Multiple UART Communications Using CAN Bus

강 태 옥*, 이 성 수*

Tae-Wook Kang* and Seongsoo Lee*

Abstract

This paper proposes an in-vehicle network controller fully exploiting the advantages of UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) and CAN (Controller Area Network). UART is used in 1-to-1 communication and it exploits parity bit for data integrity check. The proposed in-vehicle network controller converts UART into CAN, which enables multiple communications along with 1-to-1 communication. Also, the proposed in-vehicle network controller exploits CRC (cyclic redundancy check) for data integrity check, which increases communication reliability. CAN is controlled by microprocessor, but the proposed in-vehicle network controller can be controlled by any devices compliant with RS-232, RS-422, and RS-485.

요 약

본 논문에서는 UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)와 CAN (Controller Area Network)의 장점을 활용할 수 있는 차량통신 컨트롤러를 제안한다. UART는 1대1 통신에 사용되며 데이터 유효성 검사로 패리티 비트를 사용한다. 제안하는 차량통신 컨트롤러를 사용하는 경우에는 UART를 CAN으로 변환하여 1대1 통신뿐만 아니라 버스 구조의 다중 통신도 가능하다. 또한 데이터 유효성 검사를 패리티보다 발전된 CRC (cyclic redundancy check)를 통해 수행하므로 신뢰도가 올라간다. CAN은 마이크로프로세서에 의해 제어되지만 제안하는 차량통신 컨트롤러를 사용하는 경우에는 RS-232, RS-422, RS-485를 지원하는 장치라면 무엇이든지 제어가 가능하다.

Key words : CAN, UART, RS-232, RS-422, RS-485

1. 서론

UART(Universal Asynchronous Receiver/ Transmitter) [1]는 1대1 통신에 사용되며 데이터 유효성 검사로 패리티 비트를 사용한다. 하지만 최근 통신 네트워크의 복잡도가 증가하면서 1대1 통신은 배선 수가 늘어나고 단선, 단락이 일어날 확률이 커지는 등 적

합하지 않다. 또한 패리티 비트는 짝수 개의 비트가 변하는 경우 오류를 검출하지 못하고, 재전송 기능이 존재하지 않아 데이터 손실이 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 UART와 CAN(Controller Area Network)[2]-[4]의 장점을 활용할 수 있는 통합 차량통신 컨트롤러를 제안한다. 제안하는 차량통신 컨트롤러에서 UART

* School of Electronic Engineering, Soongsil University(Student, Professor)

★ Corresponding author

E-mail : sslee@ssu.ac.kr, Tel : +82-2-820-0692

※ Acknowledgment

This work was supported by the MOTIE (Ministry of Trade, Industry & Energy) (10080649) and KSRC (Korea Semiconductor Research Consortium) support program for the development of the future semiconductor device.

Manuscript received Dec. 16, 2020; accepted Dec. 28, 2020.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

는 CAN 컨트롤러[3]를 통해 버스 구조의 통신이 가능하다. 또한 CAN 프레임에 있는 CRC(cyclic redundancy check)를 사용할 수 있어 신뢰도를 높일 수 있고 전송 오류를 확인한 후 재전송을 통해 데이터 손실을 방지할 수 있다. 제안한 통합 차량 통신 컨트롤러를 Verilog HDL을 이용하여 구현하였으며 시뮬레이션을 통하여 유효성을 검증하였다.

II. 제안하는 통합 컨트롤러

1. 통합 컨트롤러 구조

본 논문에서는 그림 1과 같이 통합 컨트롤러를 설계하였다. 통합 컨트롤러는 CAN 모드 또는 UART 모드로 각각 동작할 수 있다. 통합 모드로 사용하는 경우 데이터의 흐름은 다음과 같다.

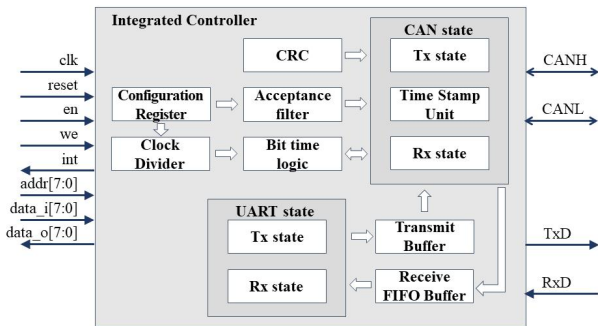


Fig. 1. Architecture of the proposed integrated controller.
그림 1. 제안하는 통합 컨트롤러의 아키텍처

가. UART to CAN 데이터 흐름

통합 컨트롤러에 RxD 신호가 입력으로 들어오는 경우 UART State Machine Rx 모드에서 데이터를 Transmit Buffer에 저장한다. 그 후 Transmit Buffer에 저장된 데이터를 CAN State Machine Tx 모드에서 CANH와 CANL 신호로 출력한다. 이때 통합 컨트롤러는 UART 신호로 1~8 바이트까지 입력받을 수 있는데 그 이유는 CAN 데이터 프레임에 실릴 수 있는 데이터는 1~8 바이트이기 때문이다.

나. CAN to UART 데이터 흐름

통합 컨트롤러에 CAN 신호가 입력으로 들어오는 경우 CAN State Machine Rx 모드에서 데이터를 Receive FIFO Buffer에 저장한다. CAN 데이터 프레임 수신 완료되면 Receive FIFO Buffer에 저장된 데이터를 UART State Machine Tx 모드

에서 TxD 신호로 출력한다.

2. UART 컨트롤러 입장에서의 장점

UART 통신은 기본적으로 1대1 방식으로 통신된다. 하지만 기술의 발달로 인해 증가하는 데이터를 1대1 방식으로 처리하기 위해서는 그림 2와 같이 연결해야 한다. 하지만 이러한 방식은 배선 수가 늘어나 케이블 중량이 증가하고, 단선, 단락이 발생할 확률이 증가하는 등 여러 문제점이 있기 때문에 적합하지 않다. 이러한 문제점을 해결하기 좋은 방법은 버스 네트워크 방식으로 통신하는 것이다. 그림 3은 통합 컨트롤러가 CAN 버스를 이용해 다중 UART 통신을 지원하는 것으로 UART를 통해 수신된 데이터가 CAN 버스를 통해 송신되기 때문에 1대1 방식이 아닌 버스 네트워크 방식으로 통신이 이루어진다.

UART 통신은 데이터 유효성 검사로 1비트의 패리티 비트를 사용한다. 하지만 패리티 비트는 홀수 개의 비트가 변하는 경우에는 오류를 검출할 수 있지만 짝수 개의 비트가 변하는 경우에는 검출하지 못한다. 또한 오류를 감지해도 재전송 기능이 존재하지 않아 데이터 손실이 발생한다. 이러한 점에서 통합 컨트롤러는 UART를 통해 수신된 데이터가

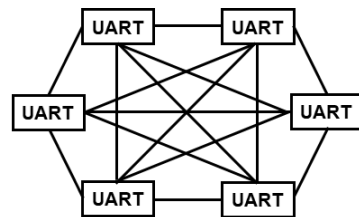


Fig. 2. Multiple UART communications network.
그림 2. 다중 UART 통신 네트워크

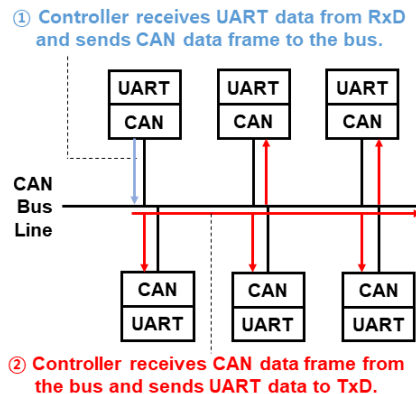


Fig. 3. Bus topology of the proposed integrated controller.
그림 3. 제안하는 통합 컨트롤러의 버스 토폴로지

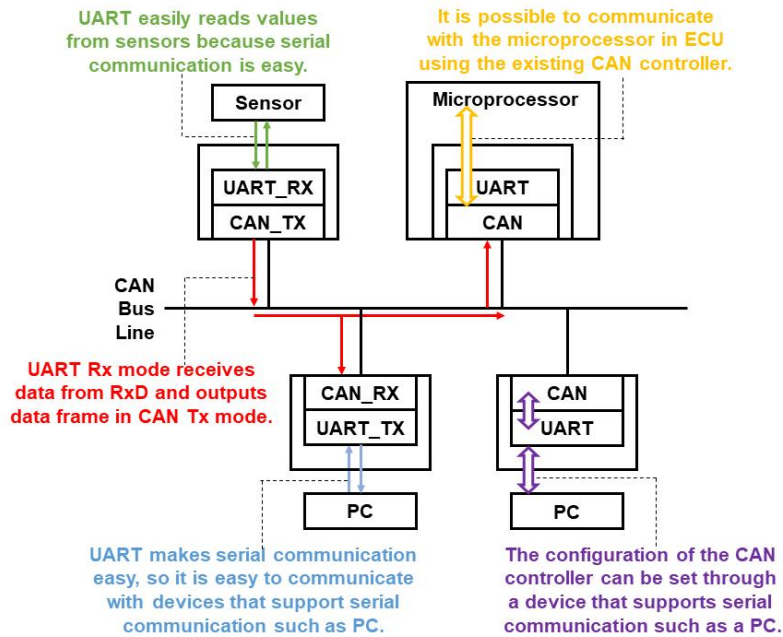


Fig. 4. Application methods of the proposed integrated controller.

그림 4. 제안하는 통합 컨트롤러의 응용 방법

CAN 버스를 통해 송신되기 때문에 CAN 데이터 프레임에 내재된 CRC를 사용할 수 있어 데이터 유효성 검사의 신뢰도를 높이고 전송 오류를 확인한 경우에는 재전송을 통해 데이터 손실을 방지할 수 있다.

3. CAN 컨트롤러 입장에서의 장점

CAN 컨트롤러는 주로 ECU(Electronic Control Unit)에 연결되어 마이크로프로세서에 의해 제어된다. 따라서 ECU에 요청에 따라 CAN 컨트롤러와 연결되어있는 액추에이터 또는 센서에서 측정된 데이터를 송/수신 한다. 하지만 CAN 컨트롤러는 패러럴 통신을 통해 입력 데이터를 수신하는데 대부분의 액추에이터 또는 센서는 시리얼 통신을 통해 출력 데이터를 송신한다. 이러한 점에서 통합 컨트롤러는 UART 통신이 가능하기 때문에 RS-232, RS-422, RS-485와 같은 시리얼 통신이 가능해 액추에이터 또는 센서와의 통신이 수월하다.

통합 컨트롤러는 UART 통신이 가능하기 때문에 PC와 같이 시리얼 통신을 지원하는 장치로 쉽게 CAN 컨트롤러와 통신할 수 있다. 이를 이용하면 CAN 컨트롤러의 특성을 설정하는 Configuration 역시 PC와 같이 시리얼 통신을 지원하는 장치를 이용하여 설정할 수 있다. 그림 4는 통합 컨트롤러의 응용 방법을 설명한 것이다.

III. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 UART와 CAN을 통합한 컨트롤러를 제안하여 Verilog HDL을 이용하여 구현하였으며 IDEC(IC Design Education Center)에서 제공한 ModelSim으로 시뮬레이션하였다.

그림 5는 그림 3과 같이 구성된 CAN 버스를 시뮬레이션한 것이다. ① CAN 버스에서 Transmitter 역할을 하는 통합 컨트롤러에 UART 신호로 외부에서 데이터를 수신한다. 통합 컨트롤러는 UART로 수신한 데이터를 CAN 데이터 프레임에 실어서 송신하기 때문에 1~8 바이트의 연속 데이터를 수신할 수 있는데 본 논문에서는 5 바이트의 연속 데이터를 수신하는 상황을 시뮬레이션하였다. ② Transmitter 역할을 하는 통합 컨트롤러는 수신한 UART 신호를 디코딩하여 Transmit Buffer에 데이터 크기와 값을 저장한다. ③ Transmit Buffer에 저장한 데이터를 CAN 데이터 프레임에 실어서 CAN 버스로 송신한다. ④ CAN 버스에 연결되어 Receiver 역할을 하는 통합 컨트롤러는 CAN 데이터 프레임을 성공적으로 수신하였기 때문에 Ack 신호를 송신한다. ⑤ Receiver 역할을 하는 통합 컨트롤러는 수신한 CAN 데이터 프레임을 디코딩하여 Receive FIFO Buffer에 데이터 크기와 값을 저장하고 저장한 데이터를 UART TxD 신호로 송신한다.

- ① The integrated controller acting as a transmitter receives data input from the outside as a UART signal.
- ② The integrated controller decodes the received UART signal and stores the data size and value in the transmit buffer.
- ③ The integrated controller loads the saved data into a CAN data frame and transmits it.
- ④ The Ack signal is transmitted from the integrated controller, which is connected to the CAN bus and acts as a receiver.
- ⑤ The integrated controller acting as a receiver decodes the received CAN data frame, stores the data size and value in the Receive FIFO Buffer, and transmits it as a UART signal.

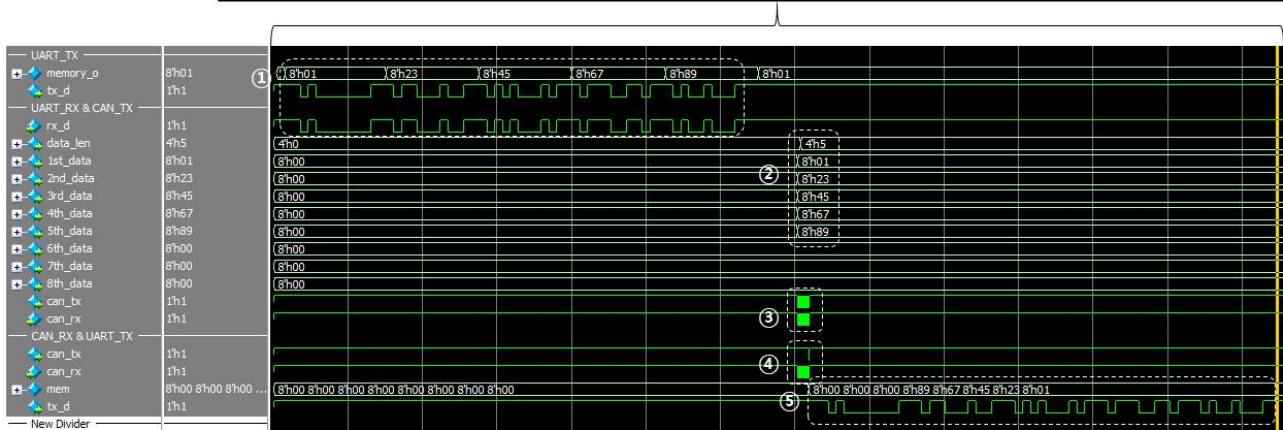


Fig. 5. Simulation result of receiving input through UART and sending to UART through CAN communication.

그림 5. UART로 입력을 받고 CAN 통신을 거쳐 UART로 출력을 하는 시뮬레이션 결과

IV. 결론

UART의 경우 1대1 방식으로 통신을 하는데 처리해야 할 데이터의 양이 늘어나면 배선 수가 늘어나 중량이 증가하고 Short가 발생 할 확률이 높아지는 문제가 발생한다. 또한 Parity 비트를 사용하여 데이터 유효성 검사를 진행하는데 짝수개의 비트가 변하는 경우에는 오류를 검출하지 못하고 오류를 발견하더라도 재전송기능이 존재하지 않아 데이터 손실이 발생한다 CAN의 경우 주로 ECU에 연결되어 마이크로프로세서의 요청에 따라 CAN 컨트롤러와 연결된 액추에이터 또는 센서에 데이터를 송수신한다. 하지만 CAN 컨트롤러는 패러럴 통신을 통해 입력 데이터를 수신하는데 대부분의 액추에이터 또는 센서는 시리얼 통신을 통해 출력 데이터를 송신한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 UART와 CAN을 통합하여 UART와 CAN에서의 한계점을 보완할 수 있는 통합 컨트롤러를 제안하였다. 이를 검증하기 위해 Verilog HDL을 이용하여 통합 컨트롤러를 설계하였으며 시뮬레이션을 통해 제안한 기법이 1~8 바이트의 UART RxD 신호를 입력으로 받아 CAN 통신을 거쳐 다시 UART TxD 신호를 출력으로 내보내는 것을 확인하였다.

References

- [1] Texas Instruments, "KeyStone Architecture Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART)," https://www.ti.com/lit/ug/sprugp1/sprugp1.pdf?ts=1607327237768&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F
- [2] ISO 11898-1:2015, "Road Vehicles-Controller Area Network (CAN)-Part 1: Data Link Layer and Physical Signalling," <https://www.iso.org/standard/63648.html>
- [3] J. Lee and S. Lee, "Design and Verification of Automotive CAN Controller," *J.inst.Korean.electr. electron.eng.*, vol.21, no.2, pp.162-165, 2017. DOI: 10.7471/ikeee.2017.21.3.240
- [4] J. Lee and S. Lee "Implementation and Verification of Automotive CAN-FD Controller," *J.inst.Korean.electr. electron.eng.*, vol.21, no.3, pp. 240-243, 2017. DOI: 10.7471/ikeee.2017.21.3.240