

이기종 차량 네트워크(CAN-to-10BASE-T1S)를 위한 FPGA 기반 변환 장치 개발

신대교, 장준혁, 안병만, 왕유승, 장성현, 박부식

한국전자기술연구원 모빌리티플랫폼센터

dukeshin, junjang9327, bman, yswang, jang.sh, pusik@keti.re.kr

Design of an FPGA-Based Converter Enabling Coexistence of CAN and 10BASE-T1S In-Vehicle Networks

Daekyo Shin, Jun Hyek Jang, Byoungman An, Yooseung Wang, Seonghyun Jang, Park pusik

Korea Electronic Technology Institute

요약

본 논문에서는 기존 차량 네트워크(CAN)와 차세대 이더넷 기반 네트워크(10BASE-T1S)의 공존을 가능하게 하는 FPGA 기반 변환 장치를 제안한다. 개발된 장치는 IEEE 1722 표준을 기반으로 CAN 메시지를 이더넷 프레임으로 변환하며, PLCA 메커니즘을 적용하여 다중 단말 환경에서 충돌 없는 전송을 보장한다. 시뮬레이션 및 실험을 통해 제안 장치의 기능과 안정성을 검증하였으며, 기존 인프라의 대규모 교체 없이 SDV(Software Defined Vehicle)로 이행할 수 있는 비용 효율적인 솔루션임을 제안하였다.

I. 서 론

차세대 차량 네트워크로 주목받고 있는 10BASE-TIS는 차세대 차량 네트워크로 간주되는 기술로, CAN과 같이 단일 매체에 여러 장치가 동시에 데이터를 전송하더라도 충돌 없이 안전하게 통신할 수 있는 네트워크 방식이다. 이는 CAN 대비 10배 빠른 전송 속도를 제공하면서도 동일한 멀티드롭 베스 연결 구조를 유지한다[1]. 따라서 SDV(Software Defined Vehicle)의 핵심 네트워크 기술로 부상하고 있으며, 향후 Full-Ethernet Vehicle로 전환하기 위한 과도기적 기술이자 CAN을 대체할 기술로 기대되고 있다[1].

기존 CAN 네트워크는 저비용·높은 신뢰성을 제공하지만 대역폭 측면에서 한계가 뚜렷하며, 이를 대체할 수 있는 고속 차량용 이더넷 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[2]. 특히, 10BASE-T1S는 1쌍의 꼬임선 케이블만으로 구현할 수 있어 경량화 및 배선 단순화를 달성할 수 있고, 다양한 ECU와 센서 간의 동시 통신을 지원할 수 있어 차세대 차량 전자 아키텍처 요구사항을 충족할 수 있다.

자동차 기술이 급속히 발전하면서 센서가 대폭 증가한 복잡한 전자제어장치(ECU)는 이전보다 더 큰 대역폭을 요구하게 되었고, 이에 따라 CAN 네트워크보다 가벼운 케이블을 사용하면서도 고속 데이터를 전송할 수 있는 차량용 이더넷에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[2]. 주요 적용 분야로는 자율주행, ADAS, 인포테인먼트, 차량 내 통신, 계측 및 전단 등이 있으며, 기존 CAN 버스를 사용하는 네트워크와 차량 내 백본으로 사용될 이더넷을 연결하기 위해서는 CAN-Ethernet 변환기가 필요하다[3].

본 논문에서는 이러한 기술적 배경과 필요성을 토대로, 10BASE-T1S 와 CAN 네트워크의 공존을 가능하게 하는 FPGA 기반 변환 장치의 설계 및 구현 방안을 제안한다. 또한 최근 관련 기술 및 표준화 동향을 고찰하고, 향후 자율협력주행 및 V2X 기반 서비스로 확장될 수 있는 가능성을 논의한다.

II. 본론

본 논문에서 소개하는 10BASE-T1S는 단일 공유 버스에 다수의 장치가 연결된 환경에서도 충돌 없이 순차적으로 데이터를 전송할 수 있도록 하기 위해 PLCA(Physical Layer Collision Avoidance) 메커니즘을 독자적으로 포함하고 있다. 이 기능은 연결된 장치 수와 관계없이 결정론적(deterministic) 최대 지연 시간을 보장한다[4].

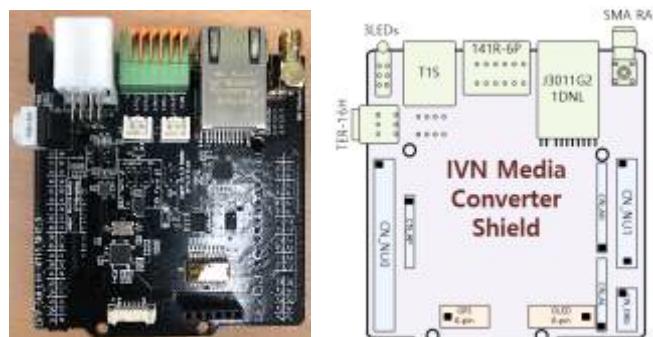


그림 1. 변환 장치 사진 및 블럭다이어그램

CAN 신호를 이더넷으로 변환하는 방법에는 여러 가지가 있으며, 가장 일반적인 방식은 CAN 프로토콜 데이터를 이더넷 패킷의 데이터 페이로드에 캡슐화(encapsulation)하여 통신을 가능하게 하는 것이다. 그러나 이 변환이 소프트웨어 기반으로 수행될 경우 지연(latency) 문제가 발생할 수 있다. 특히 차량 제어와 같이 지연 시간이 중요한 실시간(time-sensitive) 응용에서는 이러한 방식이 적합하지 않다. 따라서 이러한 분야에서는 소프트웨어에 의존하지 않고 독립적으로 동작할 수 있는 하드웨어 기반 변환 장치가 필수적이다[5].

CAN 네트워크에서 수신된 데이터는 우선 버퍼(buffer)에 저장되며, 이후

ECU(Electronic Control Unit) 내부에서 해당 데이터를 이더넷 네트워크로 변환할지 여부를 판단하게 된다. 변환 대상으로 분류된 데이터는 IEEE 1722 표준(브리지드 로컬 네트워크에서 시간 민감형 애플리케이션을 위한 전송 프로토콜 표준)을 기반으로 이더넷 포맷으로 변환된다. 이 표준은 다수의 CAN 데이터 패킷을 집약(aggregation)하여 하나의 이더넷 패킷으로 전송할 수 있도록 지원한다.

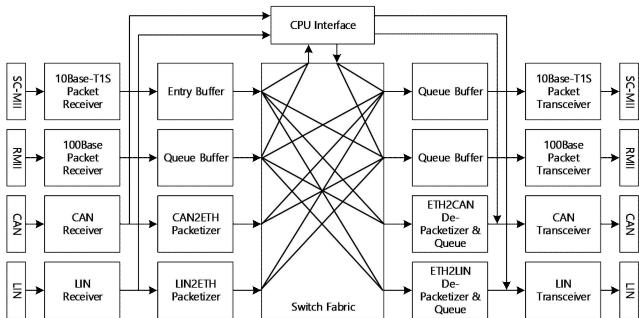


그림 2. 변환장치 블럭다이어그램

CAN 네트워크에서 데이터는 일단 수신되면 중간 버퍼에 저장되며, 이 버퍼는 데이터 처리 과정에서 중요한 결정 지점으로 작용한다. 이 단계에서 데이터가 ECU 내부에서 직접 처리되어야 하는지, 아니면 이더넷 네트워크를 통해 전송되어야 하는지가 결정된다. 이러한 결정은 데이터의 특성과 우선순위, 그리고 차량 시스템의 현재 운용 요구사항에 따라 달라진다. 그림 3과 그림 4에는 수신된 CAN 신호를 IEEE 1722 형식으로 변환한 Abbreviated CAN/CAN FD ACF 메시지 구조가 제시되어 있다.

III. 결론

본 논문에서 개발된 변환 장치는 외부 연결 인터페이스를 포함하며, FPGA 보드 내부에는 자체적으로 개발한 변환 로직과 CAN 트랜시버, 이더넷 트랜시버가 통합되어 있다. 장치의 초기 설정은 내부 CPU에 의해 관리되며, 이후 변환 작업은 자동화되어 수행된다. 설정이 완료된 후에는 장치가 독립적으로 CAN과 이더넷 프로토콜 간의 데이터 변환을 효율적이고 안정적으로 수행한다.

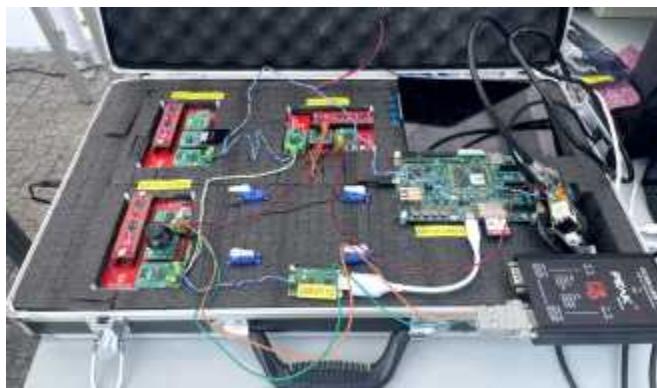


그림 3. 개발된 보드로 구성된 데모 시스템

개발된 변환기의 기능성과 신뢰성을 검증하기 위하여, 표준 CAN 및 이더넷 진단 장비와 함께 새롭게 개발된 변환기를 이용해 10BASE-T1S 버스를 통한 CAN 메시지 전송을 시연하였다. 이 실험을 통해 변환기가 실시간 환경에서도 원활히 동작하며, 메시지가 손실이나 성능 저하 없이 네트워크 전반에 정확하게 전달됨을 확인하였다.

본 시연은 또한 현대 자동차 네트워크 내에서 통신 품질을 개선하고, 안정

적인 데이터 교환을 가능하게 하는 장치의 실질적인 응용 가능성을 보여주었다. 더 나아가 본 연구에서 제안한 변환 장치는 기존 CAN 네트워크와 차세대 이더넷 기반 시스템 간의 상호 운용성을 크게 향상시킬 수 있는 잠재력을 입증하였다. 따라서 본 변환기는 차량 네트워크 기술의 중요한 진보를 의미하며, 차세대 자동차 시스템에서 증가하는 데이터 전송 수요를 충족하기 위한 확장 가능한 솔루션을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

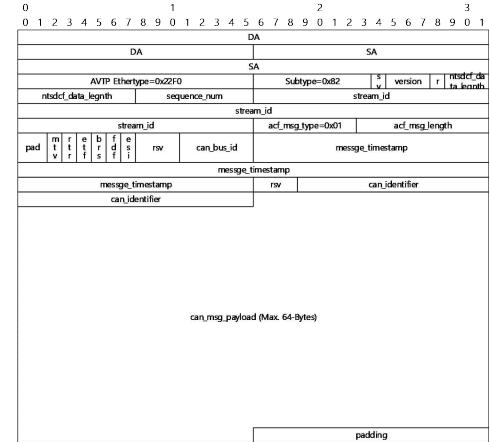


그림 4.IEEE1722 CAN/CAN FD ACF message

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부의 SDV아키텍처를 위한 In-Vehicle 초고속통신
반도체기술개발 사업인 “엣지 경량 전장부품용 10Mbps 이더넷 통신반
도체 및 ECU 개발”(RS-2025-02413488)의 지원을 받았습니다.

참 고 문 헌

- [1] 장선오, 이상엽, 박기홍, 신재곤, 엄성욱, 조성우, “V2X 정보를 활용한 VRU 충돌 회피 알고리즘 개발,” 한국ITS학회 논문지, vol.21, no.1, pp.240-257, 2022.
 - [2] 배명환, 권오용, 김정민, 정홍종, “인프라-차량(I2V) 통신 기반 서비스 시나리오에 따른 차율협력주행 도로시스템 성능평가 방안 연구,” 한국 ITS학회 논문지, vol.17, no.4, pp.112-123, 2018.
 - [3] 임기택, 진성근, 곽재민, “차율협력주행을 위한 하이브리드 V2X 통신 모듈 설계,” 한국항행학회논문지, vol.22, no.3, pp.213-219, 2018.
 - [4] Piergiorgio Beruto, Antonio Orzelli, “802.3cg draft 2.0 PLCA (Clause 148) Overview,” Canova Tech, July 2018.
 - [5] J. Min, Y. Park, “Application of 10BASE-T1S Ethernet in Delay-Sensitive Vehicular Networks,” IEEE Vehicular Networking Conference (VNC), 2023.
 - [6] 김지훈, “차율주행차량 운행정보 기록을 위한 통합형 V2X 통신 테이터 구조,” 한국자동차공학회논문집, 2021.
 - [7] 장선오, 이상엽, 박기홍, 신재곤, 엄성욱, 조성우, “V2X 정보를 활용한 VRU 충돌 회피 알고리즘 개발,” 한국ITS학회 논문지, vol.21, no.1, pp.240-257, 2022.