

통신트래픽이 대폭 절감된 특수차량용 차세대 실시간 고장 복구 내부 통신망 프로토콜, QR (Quick Removing) Seamless CAN 제안

김영훈, 채연근, 이종명*

(주)징코스테크놀러지

yhkim@gingkos.co.kr, kevinchae@gingkos.co.kr, jmr6285@naver.com*

A New Proposal for Seamless Fault Tolerant and Traffic Reduced Vehicular IntraNet Protocol, Quick Removing (QR) Seamless CAN, for Special Purpose Vehicles

Young Hoon Kim, Kevin Chae, and Jong Myung Rhee*

Gingko's technology

요약

본 논문은 특수 차량(예를 들면, 자율주행차량, 지게차 등)의 실시간 고장복구를 위한 차량 내부 통신망 프로토콜로서, 본 연구팀 일부가 제안한 CAN 과 HSR (High-Availability Seamless Protocol)의 복합 형태인 Seamless CAN에 대한 통신트래픽의 절감방안으로 QR Seamless CAN을 제안한다. QR Seamless CAN은 향후 10-15년간, 특수차량 내부통신망의 interim solution으로 사용가능할 것으로 판단된다.

I. 서론

특수 차량(예를 들면, 자율주행차량, 지게차량)의 고장이 발생한 경우, 실시간 고장복구는 필수적인데, 이를 위한 차량 내부통신망은 궁극적으로는 이중화 형태의 HSR 또는 유사 이중화 형태의 프로토콜을 사용할 것으로 판단된다. 그러나 차량 산업의 보수적 특성으로 CAN [1] 으로부터의 점진적 진화가 예상되며, 이에 따라 본 연구팀의 일부가 CAN과 HSR의 하이브리드 조합인 Seamless CAN [2]을 제안하였다. 이 경우 이중화 구조에 의한 통신트래픽의 증가는 필수적이며, 이러한 통신 트래픽 절감을 위해 HSR에 적용하였던 QR 방식 [3]으로 동일하게 적용 가능하다고 판단되었고 이를 QR Seamless CAN으로 명명하였다. 이 방식은 당분간 (10-15년)의 interim solution으로 될 것으로 판단되며, QR 방식에 의한 통신 트래픽의 절감은 최대 50%까지 가능하다.

II. 본문

2-1 CAN (Controller Area Network) [1]

CAN은 자동차 내부 통신망 연결을 위한 40년 역사의 표준 프로토콜로서 다수의 (100-200개도 가능) ECU (Electronic Control Unit) 연결을 위한 Bus구조를 기반으로 하고 있다. CDMA형태와 유사한 통신 방식이며, Bus 기반 구조이기에 네트워크 고장시에는 해당 노드 (즉 ECU)와의 통신이 단절된다.

2-2 HSR (High-Availability Seamless Protocol) [2]

HSR은 Ethernet 이중화를 고려하여 Smart Grid 변전소를 고려하여 개발된 프로토콜로서, 이중 링구조에 프레임을 복제하여 양방향으로 송신하여 네트워크 단절에 대응하는 방식이다 [3]. 이 경우 프레임복제에 의한 대량의 통신트래픽이 발생하며, 이의 절감을 위해 QR을 비롯하여 다양한 방식이 제안되었다 [3-5]. 프레임 복제에 의해 전송된 동일한 두 개의 프

레임에 대해 HSR은 source 노드에서 두 개를 프레임을 삭제한다 (그림 1 참조) [3].

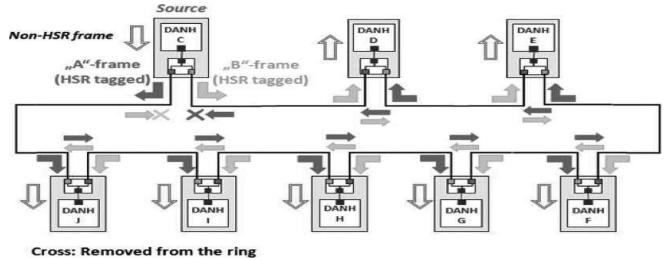


그림 1. HSR에서의 프레임의 이중화 전송

2-3 Seamless CAN [2]

기존 CAN 노드에서 전송되는 각 CAN "비트"는 HSR 프레임 안에 캡슐화되어(즉, HSR 프레임의 페이로드로 들어가며), 해당 복사본이 HSR 작업 개념에 따라 링에 삽입된다. 즉 CAN 버스를 HSR 링으로 대체하고 있으며, CAN 노드 내의 CAN 컨트롤러는 비트를 직렬로 CAN 버스로 전송하기 때문에, 각 HSR 프레임에 실제로 저장되는 것은 전체 CAN 프레임이 아닌 하나의 비트(즉, "0" 또는 "1")이다. 이는 CAN이 1Mbps 수준인데 반해, HSR은 수 Gbps 이상으로 통상 동작하기 때문이다.

기본동작원리는 다음과 같다. CAN 측 인터페이스로부터 비트가 수신되면 Seamless CAN 노드는 이 정보를 HSR 프레임의 페이로드 부분에 삽입한 뒤, HSR 측의 두 개의 서로 다른 인터페이스를 통해 두 방향으로 전송한다. 반대로, HSR 측의 어느 인터페이스에든 새 프레임이 도착하면, 해당 프레임의 시퀀스 번호가 노드 메모리에 기록되고, 비트 정보는 추출되어 CAN 측 인터페이스를 통해 CAN 노드로 전달된다. HSR과 유사하게, 시퀀스 번호가 이미 노드의 기록에 있는 경우 HSR 측에서 수신된 프

레임은 폐기된다.

해당 프로토콜의 성능 확인은 OMNET 시뮬레이션을 통하여 본 연구팀 일부가 수행한 바 있으며 여기서 결과만 제시한다 [2]. 각 시뮬레이션에서는 송신기에서 수신기로 총 90,000개의 CAN 프레임이 전송되며, BER(Bit Error Rate) 값은 $\{1 \times 10^{-7}, 5 \times 10^{-7}, 1 \times 10^{-6}, 5 \times 10^{-6}, 1 \times 10^{-5}, 5 \times 10^{-5}, 1 \times 10^{-4}\}$ 중 하나로 설정되고, 시뮬레이션 종료 시 비트 오류 수가 기록된다. 그림 2는 기존의 CAN 버스와 Seamless CAN을 5가지 노드 수 구성(즉, 2, 20, 40, 100, 200개 노드)으로 비교한 비트 오류 수를 보여준다. 예를 들면, BER이 1×10^{-4} 일 때, CAN 버스와 200노드 Seamless CAN 공히 약 1,000개의 오류가 발생하며, 각각 1,031개와 985개의 오류가 기록된다. 그러나 BER이 1×10^{-5} 일 경우, CAN 버스는 96개의 오류가 보고되지만, 200노드 Seamless CAN은 단 11개의 오류만 발생한다. 또한, 2 노드에서 100노드까지의 Seamless CAN 네트워크 구성 역시 모든 BER 값에 대해 CAN 버스보다 적은 오류 수를 보인다. 이는 네트워크 크기와 무관하게, Seamless CAN이 모든 BER 값에서 CAN 버스보다 더 우수한 성능을 보인다는 것을 명확히 보여준다.

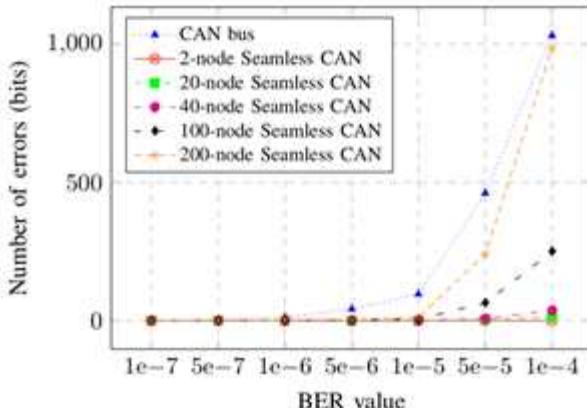


그림 2. 노드와 BER에 대한 CAN과 Seamless CAN 성능 비교 [2]

2-4 Quick Removing (QR) Seamless CAN

QR 방식은 본 연구팀의 일부가 HSR을 대상으로 최초로 개발하여 그 타당성을 입증한 바 있다 [3]. 그러므로 이를 Seamless CAN 적용하는 것도 동일한 개념의 연장이다. 즉, 기존의 방식인 source node에서 프레임을 최종 삭제하는 대신에, 중간 부분 노드에서 하나의 프레임을 이미 수수한 경우에, 그림 3과 같이, 다른 복제 프레임이 도달하는 경우, 즉시 삭제(Quick Removing) 하는 개념으로 구현한다. 이 경우 그림 4와 같이 최대 50%의 트래픽 감소가 가능하다.

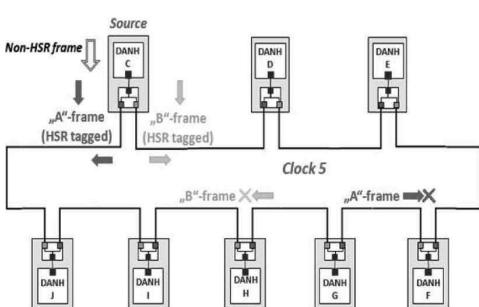


그림 3. QR 동작의 개념 [3]

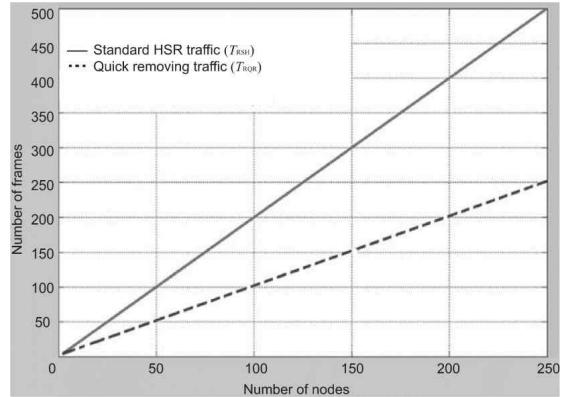


그림 4. CAN과 Seamless CAN(또는 HSR) 통신 Traffic 비교

III. 결론

본 논문에서는 특수 차량(예를 들면, 자율주행차량, 지게차 등)의 실시간 고장복구를 위한 차량 내부 통신망 프로토콜로 본 연구팀의 일부에 의해 제안된 CAN과 HSR(High-Availability Seamless Protocol)의 복합형태인 Seamless CAN에 대한 통신트래픽의 절감방안으로 QR Seamless CAN을 제안하였다. QR Seamless CAN은 향후 10-15년간, 특수차량 예를 들면, 자율주행차 또는 지게차량 등의 내부통신망의 interim solution으로 사용 가능할 것으로 판단된다. Quick Removing 방식을 적용한 QR Seamless CAN은 기존 Seamless CAN 방식에 대비하여 최대 50%의 통신 트래픽 절감효과를 보인다. 이 개념은 HSR과 유사한 IEEE 802.1cb에도 그대로 적용가능하다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 중소벤처기업부(과제번호: RS-2024-00448168)의 지원하에 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] CAN bus (https://en.wikipedia.org/wiki/CAN_bus)
- [2] Jong Myung Rhee, Duc N. M. Hoang, Ibraheem R. A. Altaha, Dong Hwan Kim, Jin Seok Yang, and Sang Yoon Park, "Seamless CAN: A Novel Fault-Tolerant Algorithm and Its Modeling", IEEE Access, pp. 7657-7669, vol. 11, 2023.
- [3] Saad Allawi Nsaif and Jong Myung Rhee, "Improvement of High-Availability Seamless Redundancy (HSR) Traffic Performance for Smart Grid Communications", Journal of Communications and Networks, pp. 653-661, vol. 14 No 6, Dec 2012.
- [4] S. Nsaif and J. M. Rhee, "DVP: A Novel High-Availability Seamless Redundancy (HSR) Protocol Traffic-Reduction Algorithm for a Substation Automation System Network", Energies, pp. 1792-1810, March 2014.
- [5] Nguyen Xuan Tien, Saad Allawi Nsaif, and Jong Myung Rhee, "A Comparison of Techniques for Reducing Unicast Traffics in HSR Networks", Energies, pp. 12029-12060, Vol. 8 issue 10, 2015.