

# Virtual Bus 개념의 CAN-Ethernet 게이트웨이 설계

김 병 관\* · 신 봉 겉 · 장 주 욱

서강대학교 전자공학과

## A Design of CAN-Ethernet Gateway based on Virtual Bus Concept

Byoungkwan Kim\* · Bongkeol Shin · Ju wook Jang

*Department of Electronic Engineering, Sogang University, 35 Baekbeom-ro, Mapo-gu, Seoul 121-742, Korea*

**Abstract** : The Controller Area Network (CAN) is a commonly used technology for connecting electronic control units (ECUs) in the vehicles. However the number of ECUs in vehicle is increasing and data traffic is increasing suddenly by real time service like Topview. Therefore Ethernet backbone is proposed to solve this problem, and CAN-Ethernet gateway becomes crucial.

In AUTOSAR 4.1, they proposed CAN-Ethernet gateway which has First In First Out (FIFO) queues for storing messages before transmitting them. However, FIFO queues are not guarantee that priority of messages when low priority message is arrive faster than high priority message.

In this paper we propose new CAN-Ethernet gateway to which is applied a Virtual Bus. This scheme is guarantee that priority of messages and decrease transmisson delay of high priority messages.

**Key words** : CAN(컨), Ethernet(이더넷), Gateway(게이트웨이), Virtual Bus(가상 버스), Arbitration(중재)

### 1. 서 론

Controller Area Network (CAN)는 오늘날 자동차 네트워크에 광범위하게 사용되고 있는 네트워크이다. 그러나 차량 내의 ECU 개수가 늘어나고, 실시간 동영상 전송(Topview)등으로 데이터 트래픽이 폭증함에 따라 전송 대역폭이 1Mbps에 불과한 기존 CAN만으로는 이를 감당하기에 어려움이 있다. 그에 따라 비용 대비 높은 대역폭을 지원하는 Ethernet을 CAN의 Backbone 네트워크로 적용하려는 시도가 활발히 이루어지고 있다. 이에 따라 Ethernet과

CAN의 연결을 위한 CAN-Ethernet 게이트웨이가 차세대 자동차 Ethernet의 핵심 모듈이 된다. 그러나 기존 연구<sup>1)</sup>에서는 CAN-Ethernet 게이트웨이의 버퍼에 쌓이는 메시지가 First In First Out (FIFO) 방식으로 처리되도록 설계함으로써, priority에 따라 메시지가 처리되는 기존의 CAN Bus와는 다르게 동작하게 된다.

본 논문에서는 CAN 네트워크에 Ethernet Backbone을 이식하여도 대역폭의 증대를 제외하고는 최대한 기존 CAN Bus 네트워크와 유사하게 동작하도록 구현함으로써, Ethernet을 이식하였을 때 발생할 수 있는 문제점을 해결하고자 한다. 이를 위하여 CAN-Ethernet 게이트웨이에 Virtual Bus 개념을 적용하는 방안을 제안하였다.

---

\* 김병관, [white88bk@sogang.ac.kr](mailto:white88bk@sogang.ac.kr)

## 2. 관련 연구

### 2.1 CAN Bus

CAN Bus는 아래 Fig. 1과 같이 나타낼 수 있다. CAN 프로토콜은 Bus에 연결되어 있는 모든 ECU들이 각각 Master 역할을 수행하는 Multi-Master 구조를 취하고 있으며, 각 ECU들 간의 메시지 전송 시 중재를 위해 CSMA-CA 방식을 이용하고 있다.<sup>2)</sup> 이러한 방식을 이용할 경우 메시지들은 각각의 priority에 의해 경합하여 중재되므로 높은 priority를 갖는 메시지부터 차례로 CAN Bus를 점유하여 전송이 진행된다.

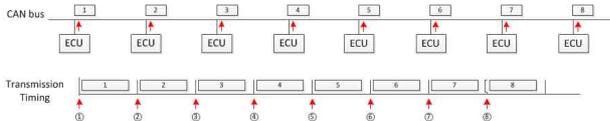


Fig. 1 Example of CAN Bus Topology

### 2.2 CAN-Ethernet 게이트웨이

CAN-Ethernet 게이트웨이는 CAN Bus와 Ethernet Backbone을 연결해주는 역할을 한다. 즉, 아래 Fig. 2와 같이 하나의 CAN Bus를 통해 전송된 메시지는 CAN-Ethernet 게이트웨이를 거쳐 게이트웨이와 연결된 Ethernet 스위치를 거쳐 목적지인 다른 CAN Bus와 연결된 게이트웨이를 거쳐 목적지에 다다르게 된다.

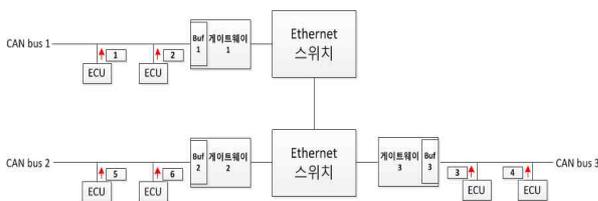


Fig. 2 CAN Bus 1, 2, 3 connection by gateway

그 과정에서 여러 CAN Bus를 거쳐 전송된 메시지들이 게이트웨이의 버퍼에 쌓이게 되어 메시지 전송 지연이 일어날 수 있으며, 메시지들 간의 중재가 필요하게 된다.

#### 2.2.1 First In First Out (FIFO)

기존 연구<sup>1)</sup>에서는 전송 메시지들 간의 중재를 위하여 CAN-Ethernet 게이트웨이에 FIFO 방식을 채택하였다. FIFO 방식은 먼저 게이트웨이에 도착한 메시지가 먼저 버퍼에 쌓이고, 먼저 기회를 얻어 전송되는 방식이다. 이 경우 priority는 각각의 CAN Bus에서만 고려되며, 메시지가 게이트웨이를 거친 이후로는 도착 순서에 의해서만 priority가 결정된다. 따라서 동일한 CAN Bus상의 ECU들 간에만 priority가 한정적으로만 보장되며, 서로 다른 CAN Bus에 연결된 ECU들 간의 priority는 보장되지 않는다. 이 경우 time-critical control 메시지와 같이 높은 priority를 갖는 메시지가 전송지연으로 인해 deadline (2.5ms)<sup>3)</sup> 안에 목적지에 전송되지 못할 수 있으며, 이는 자동차 운전자의 안전과 직결되는 문제를 발생시킬 수 있다.<sup>4)</sup>

## 3. 제안된 기법

### 3.1 Virtual Bus

앞서 다룬 것처럼 기존의 FIFO 방식을 이용한 CAN-Ethernet 게이트웨이의 경우 서로 다른 CAN Bus 상의 ECU들 간에는 priority가 보장되지 않아, 낮은 priority를 갖는 메시지가 높은 priority를 갖는 메시지를 blocking하는 경우가 발생하게 된다. 이러한 blocking 현상은 주로 게이트웨이의 버퍼에서 발생하게 되므로 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 Fig. 3과 같은 Virtual Bus 개념의 적용을 제안하였다.



Fig. 3 Virtual connection of Source CAN Bus and destination CAN Bus

Fig. 2와 같은 연결에서 CAN Bus 1, 2에 존재하는 ECU들이 CAN Bus 3에 존재하는 ECU를 목적지로 하는 메시지를 전송할 경우, Fig. 3과 같이 CAN Bus 3에 CAN Bus 1, 2가 가상으로 연결하여 기존 CAN 프로토콜과 같이 동작하도록 하였다. 이에 따라 전

송되어 게이트웨이의 buffer에 도착한 메시지들은 높은 priority 순서에 따라 차례로 CAN Bus 3을 점유하여 전송되므로 time-critical control 메시지와 같이 높은 priority를 갖는 메시지가 전송지연으로 인해 deadline 안에 전송되지 못하는 상황을 방지할 수 있다.

### 3.2 Virtual Bus의 적용

Fig.4는 Fig.2의 연결에서 CAN Bus 1, 2 상의 ECU들이 CAN Bus 3으로 메시지를 전송하는 상황을 나타낸 타이밍도이다. 이 때 각각의 CAN Bus에서는 낮은 숫자를 갖는 ECU가 높은 Priority를 가지며 (time-critical control 메시지는 ECU 1, 2에서 발생), 각각의 ECU에서 발생한 메시지는 동시에 동일한 목적지를 갖는다는 조건을 가정하였다. 우선 Fig.4의 (a)는 기존의 FIFO방식을 적용한 게이트웨이로 연결된 경우에 목적지 CAN Bus인 CAN Bus 3에서의 메시지 전송 타이밍도를 나타낸 것이고, (b)는 앞서 3.1절에서 언급한 Virtual Bus 개념을 적용한 게이트웨이로 연결된 경우에 목적지 CAN Bus인 CAN Bus 3에서의 메시지 전송 타이밍도를 나타낸 것이다.

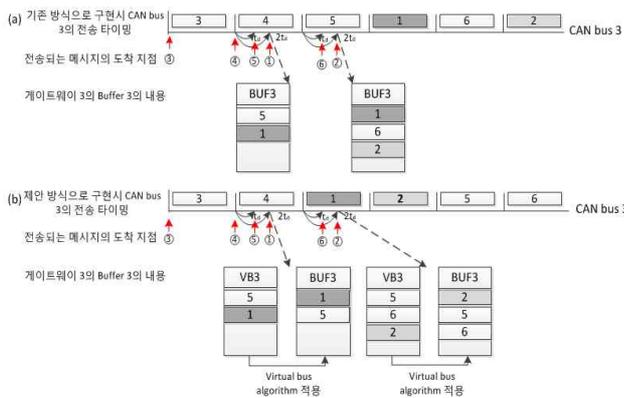


Fig. 4(a) Previous work (b) Proposed work's Transmission Timing diagram

Fig. 4(a)를 먼저 살펴보면 CAN Bus 3에 바로 연결된 ECU 3과 4의 메시지가 타이밍 상 먼저 CAN Bus 3을 점유하게 된다. 이후 경로 상 CAN Bus 3과 더 가까운 위치에 존재하는 ECU 5의 메시지가 우선 전송되고 다음으로 ECU 1의 메시지가 전송되어 게

이트웨이 버퍼에 쌓이게 된다. 이 후 마찬가지로 ECU 6가 버퍼에 먼저 들어가고 ECU 2의 메시지가 마지막으로 도착하게 된다. 따라서 FIFO 방식을 그대로 적용할 경우 ECU 1과 2에서 발생한 time-critical control 메시지가 낮은 priority를 갖는 다른 메시지들에 의해 blocking되면서 전송지연이 발생하게 된다.

반면, Fig. 4(b)의 경우 비록 (a)에서와 같이 CAN Bus 3에 바로 연결된 ECU 3과 4의 메시지가 타이밍 상 먼저 CAN Bus 3을 점유하게 되는 것은 피할 수 없지만, 이후 경로 상 CAN Bus 3과 더 가까운 위치에 존재하는 ECU 5의 메시지가 먼저 버퍼에 도착하고 다음으로 ECU 1의 메시지가 도착하여도 Virtual Bus 개념에 따라 ECU 1의 메시지가 먼저 CAN Bus 3을 통해 전송된다. 또한 ECU 1의 메시지가 전송되는 동안 버퍼에 도착한 ECU 2의 메시지가 마찬가지로 Virtual Bus 개념에 따라 ECU 5보다 먼저 CAN Bus 3을 점유하게 되며 이후 ECU 5, 6의 메시지가 차례로 CAN Bus 3을 통해 전송된다. 따라서 이 경우 앞서 FIFO 방식을 적용했을 때와 같이 낮은 priority를 갖는 메시지들에 의한 blocking 현상을 방지할 수 있고 이는 ECU 개수가 늘어날수록 더 명확해진다.

## 4. 결론

본 연구에서는 기존의 FIFO 방식을 적용한 CAN-Ethernet 게이트웨이에서 높은 priority를 갖는 메시지가 낮은 priority를 갖는 메시지에 의해 blocking 됨으로써 발생할 수 있는 전송지연에 대하여 문제를 제기하였고, 이를 해결하기 위하여 Virtual Bus 개념을 적용한 CAN-Ethernet 게이트웨이를 제안하였다. 또한 제안한 개념을 적용하였을 때 기존 방식과의 차이를 전송 타이밍도를 통해 확인하였다.

본 논문에서 제안된 Virtual Bus 개념은 차후 아래와 같은 검증을 진행할 예정이다.

- 1) 실제 차량 내 ECU 개수만큼 노드를 증가시켰을 때 제안 방식을 통하여 time-critical control 메시지가 deadline안에 전송될 수 있는지를 확인하여야 한다.
- 2) 기존 방식과 비교하였을 때 Virtual Bus 개념을 이용하는 경우 높은 priority를 갖는 메시지가 전송

지연 측면에서 실제 얻는 이득을 수식을 통해 검증한다.

- 3) CAN-Ethernet 게이트웨이를 CAN 시뮬레이션을 통하여 구현한 뒤 제안 개념을 적용하여 기존 방식과 비교하여 이득을 확인한다.
- 4) 실제 차량 환경과 비슷하게 각각의 ECU가 서로 다른 타이밍에 일정하지 않은 간격으로 메시지를 발생시킬 때 제안 개념의 효용성을 검증한다.

## 5. Acknowledgment

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MEST) (NRF-2013R1A1A2011856).

## References

- 1) Nacer, Abdelaziz Ahmed, et al. Strategies for the interconnection of CAN buses through an Ethernet switch, *Industrial Embedded Systems (SIES)*, pp. 77-80. 2013.
- 2) Changsup Oh, Research for delay of CAN message transmission & Improvement of Test Method, *KSAE*, pp. 802-803, 2013.
- 3) R.L. Davis, A. Burns, R.J. Bril, and J.J. Lukkien, *Controller Area Network (CAN) Schedulability Analysis: Refuted, Revisited, and Revised*, *Real-Time Systems*, vol. 35, pp. 239-272, 2007.
- 4) LEE, Youngwoo, PARK, KyoungSoo. Meeting the real-time constraints with standard Ethernet in an in-vehicle network. *Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, pp. 1313-1318, 2013