Transactions of KSAE, Vol. 19, No. 6, pp.37-45 (2011)

Copyright ⓒ 2011 KSAE
1225-6382/2011/114-06

차량 네트워크 시스템을 위한 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이 구현

배 용 경[1)] · 김 만 호[1)] · 이 석[1)] · 이 경 창[*2)]

부산대학교 기계공학부[1)] · 부경대학교 제어계측공학과[2)]

Implementation of Node Mapping-based FlexRay-CAN Gateway for In-vehicle Networking System

Yong Gyung Bae[1)] • Man Ho Kim[1)] • Suk Lee[1)] • Kyung Chang Lee[*2)]

[1)]School of Mechanical Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea
[2)]Department of Control and Instrumentation Engineering, Pukyong National University, Busan, 608-739, Korea
(Received 21 December 2010 / Accepted 31 May 2011)

Abstract : As vehicles become more intelligent, in-vehicle networking (IVN) systems such as controller area network (CAN) or FlexRay are essential for convenience and safety of drivers. To expand the applicability of IVN systems, attention is currently being focused on the communication between heterogeneous networks such as body networking and chassis networking systems. A gateway based on message mapping method was developed to interconnect FlexRay and CAN networks. However, this type of gateways has the following shortcomings. First, when a message ID was changed, the gateway must be reloaded with a new mapping table reflecting the change. Second, if the number of messages to be transferred between two networks increase, software complexity of gateway increases very rapidly. In order to overcome these disadvantages, this paper presents FlexRay-CAN gateway based on node mapping method. More specifically, this paper presents a node mapping based FlexRay-CAN gateway operation algorithm along with the experimental evaluation for ID change.

Key words : In-vehicle networking system(차량 네트워크 시스템), FlexRay network(플렉스레이 네트워크), Node mapping-based FlexRay-CAN gateway(노드 매핑 기반 플렉스레이-캔 게이트웨이), Node slotting(노드 슬로팅)

1. 서 론

최근 들어, 자동차의 안정성과 신뢰성에 대한 운전자들의 욕구가 증대됨에 따라,[1,2)] 차량 네트워크 시스템(in-vehicle networking system)에서 고속 전송 속도와 예측 가능한(predictable) 전송 특성을 가진 프로토콜이 필요하게 되었다.[3,4)] 이러한 문제를 해결하기 위하여, 제동이나 조향 시스템과 같은 실시간 특성을 요구하는 새시 네트워크(chassis network) 프로토콜로 FlexRay가 개발되었으며, 자동차 업계를 중심으로 그 적용이 확대되어 가고 있는 추세이다.[5-7)] 특히, x-by-wire 시스템 기술의 발전과 함께 FlexRay 네트워크의 적용이 완성차를 중심으로 보다 적극적으로 진행되고 있다.[4)]

하지만, 높은 수준의 지능형 자동차 기술은 새시 네트워크와 바디 네트워크(body network)[8,9)] 간의 다양한 정보의 공유를 요구한다.[10,11)] 특히, 안전에 관련된 정보는 새시 네트워크와 바디 네트워크에서 빈번하고 공유되고 있으며, 새시 네트워크와 바디 네트워크 사이에서 공유되는 정보는 점차 증가할 것으로 예상되고 있다.[12)] 여기서, FlexRay 기반의 새

*Corresponding author, E-mail: gclee@pknu.ac.kr

시 네트워크와 CAN(controller area network) 기반의 바디 네트워크는 FlexRay-CAN 게이트웨이를 통하여 정보를 공유하고 있다.[13)]

차량 네트워크 시스템에서 FlexRay와 CAN 프로토콜 간의 정보 공유를 위한 다양한 연구들이 발표되었다. FlexRay-CAN 게이트웨이에 대한 대부분의 연구는 게이트웨이를 통하여 공유하는 FlexRay와 CAN 메시지를 일대일로 매핑하여 전송하는 기법을 이용한 게이트웨이 구현에 관한 연구를 중심으로 수행되었다. Herpel[12)], Schmidt[13)], Jeon[14-16)], Li[17)]과 Qin[18)] 등 다수의 연구자가 메시지 매핑(message mapping) 기법을 이용한 FlexRay-CAN 게이트웨이를 구현하고 성능을 평가하는 연구를 수행하였다.

하지만, 메시지 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이는 FlexRay-CAN 사이에 주고받는 메시지가 변경되거나 CAN 메시지의 ID가 변경되면 게이트웨이의 소프트웨어를 다시 수정해야 하는 문제점을 가지고 있다. 예로, CAN 네트워크에서 FlexRay 네트워크로 보내는 CAN 메시지의 ID가 변경되면 게이트웨이의 프로그램을 수정하여 다시 펌웨어 해야 한다.

따라서 본 논문은 CAN 메시지의 ID가 변경되어도 게이트웨이의 프로그램을 수정할 필요 없는 노드 매핑(node mapping) 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이를 제안한다. 또한, 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이에서 수신된 메시지를 조립하는 노드 슬로팅(slotting) 방법과 동작 알고리즘을 제안한다. 마지막으로, 차량 내부 네트워크를 모사한 실험 모델을 이용하여 제안한 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이의 성능을 평가하여 적용 가능성을 확인한다.

2. 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이 구조

Fig. 1은 본 논문에서 제안한 노드 매핑 기반 FlexRay- CAN 게이트웨이의 구조를 나타내고 있다. 그림에서, 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이는 FlexRay와 CAN 트랜시버(transceiver), FlexRay 제어기(controller), CAN 제어기, 게이트웨이 제어기로 구성되어 있다. 트랜시버는 네트워크를 통하여 전송하는 메시지 신호를 생성하고, FlexRay 및 CAN 제어기는 메시지의 ID와 정보를 받아서 전송하기 위해서 코드화 작업을 진행하는 인코딩(encoding)과 받은 코드 신호를 디지털 신호로 변경하는 디코딩(decoding) 과정을 담당한다. 또한, FlexRay 및 CAN 제어기는 각각의 노드가 수신해야 하는 메시

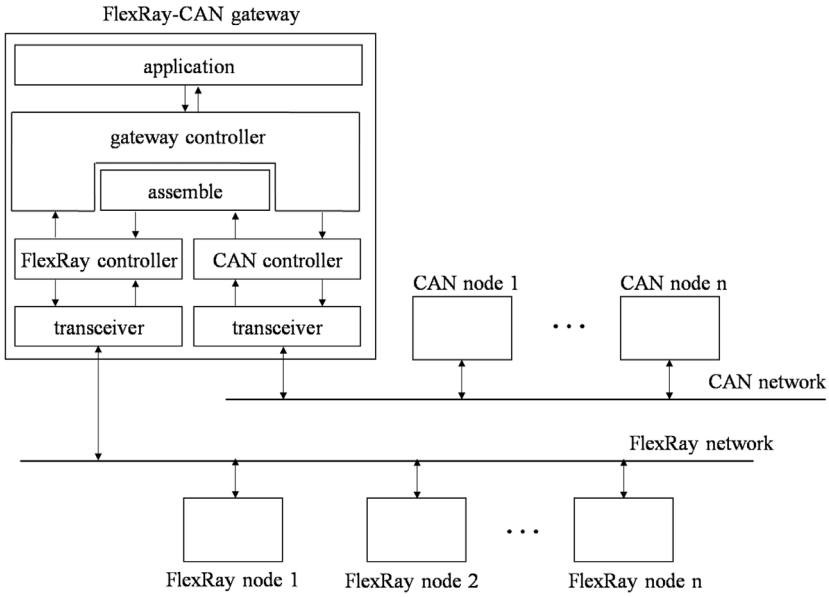


Fig. 1 Structure of the node mapping-based FlexRay-CAN gateway

지를 식별하고 메시지를 수신하는 ID mask 기능도 담당한다. 게이트웨이 제어기는 동작 알고리즘에 따라 수신된 FlexRay와 CAN 메시지를 상황에 따라 하나의 FlexRay 슬롯(slot)으로 조립하거나 수신된 FlexRay 슬롯을 CAN 메시지로 전송하는 과정을 담당한다. 특히, CAN 메시지가 수신되면 동작 알고리즘의 조립(assemble) 과정을 통하여 하나의 FlexRay 슬롯을 생성하여 전송하는 과정을 수행한다. 또한, 게이트웨이 제어기는 메시지 버퍼(message buffer)에 메시지를 임시로 저장하는 기능과 수신된 메시지를 선별하는 메시지 필터(message filter) 기능을 포함하고 있다.

본 논문에서는 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이의 메시지 전송을 위하여 Fig. 2와 같이 FlexRay와 CAN 메시지를 조립하는 절차를 포함하는 노드 슬로팅 방법을 이용한 변환 규칙을 제안한다. 그림에서, CAN 네트워크에서 FlexRay 네트워크로 전송하는 변환 규칙은 전송할 메시지를 일정한 시간 동안 모아 하나의 FlexRay 슬롯으로 조립하여 전송하는 방법이다. 즉, CAN 네트워크에서 FlexRay 네트워크로 전송할 메시지가 사전에 할당된 FlexRay 슬롯 사이즈를 초과하거나 정해진 FlexRay 사이클 타임이 경과하면 FlexRay-CAN 게이트웨이는 전송할 CAN 메시지들을 하나의 FlexRay 슬롯으로 조립하여 전송하는 변환 규칙을 사용한다. 변환 규칙에 따라 FlexRay 슬롯의 페이로드(payload)는 하나의 NoM(Number of Message)와 n개의 SMD(Start Message Delimiter), LoM(Length of Message), ID (IDentifier)와 메시지(message)로 구성한다. NoM은 게이트웨이 슬롯에 조립되어 있는 CAN 메시지의 수를 의미하는 3비트 식별자이며, SMD는 페이로드에서 CAN 메시지를 구분하기 위한 3비트의 식별자이다. LoM은 CAN 메시지의 길이를 나타내기 위한 3비트의 식별자이며, LoM는 정해진 게이트웨이 슬롯에 최대한 많은 CAN 메시지를 넣을 수 있도록 해준다. ID는 CAN 2.0B에 따라 CAN 메시지가 가지는 ID를 의미하는 29비트 식별자이며, 메시지는 CAN 메시지의 데이터를 넣는 공간으로 CAN의 최대 메시지 길이인 8byte까지 가변적인 길이를 가진다. 반대로, 하나의 FlexRay 슬롯이 수신되면 FlexRay 슬롯의 헤더(header)와 테일러(trailer)를 제거하고 CAN 메시지로 변경하여 CAN 전송 메시지 큐에 저장한다. 저장된 CAN 메시지는 CSMA/NBA(Carrier Sense Multiple Access with Non-destructive Bitwise

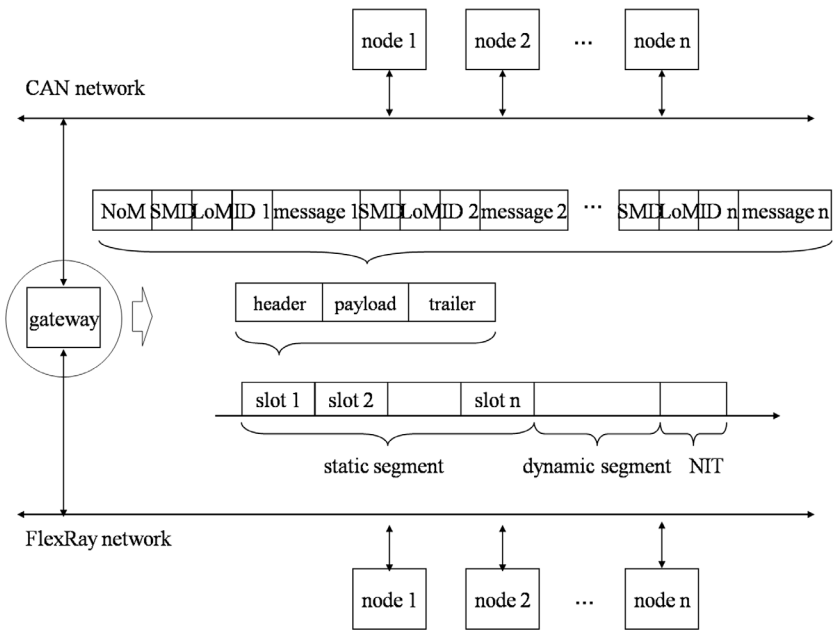


Fig. 2 Node slotting method for node mapping-based FlexRay-CAN gateway

Arbitration) 전송 메커니즘에 따라 CAN 네트워크에 전송한다. 여기서, FlexRay-CAN 게이트웨이를 이용하여 CAN 네트워크로 전송할 FlexRay 노드의 정보는 사전에 FlexRay 노드의 응용계층에서 메시지를 생성할 단계부터 NoM, SMD, LoM와 CAN ID를 전송할 메시지와 함께 구성하여 슬롯에 넣어서 전송한다. 또한, FlexRay-CAN 게이트웨이는 사전에 스케줄링 된 수신할 슬롯이 수신되면 NoM, SMD와 LoM를 제거하고 CAN ID와 데이터 및 CAN 네트워크 전송한다.

Fig. 3은 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이의 운영 알고리즘을 나타내고 있다. 그림에서, 게이트웨이가 초기화되면, FlexRay와 CAN 네트워크에서 수신할 메시지가 있는지를 확인한다. 다음으로, CAN 네트워크에서 수신할 CAN 메시지가 확인되면, 수신한 메시지를 메시지 큐(queue)에 저장한다. 여기서, FlexRay 사이클 시간(cycle time)이 경과하였는지를 확인하고 FlexRay 사이클 시간이 경과하지 않았다면 메시지 큐가 다 찼는지를 확인한다. 메시지 큐가 다 차지 않았다면 다시 수신된 메시지가 있는지 확인하고, 메시지가 다 찼다면 FlexRay 사이클 시간이 경과하였는지를 반복해서 확인한다. 다음으로, FlexRay 사이클 시간이 경과하면 메시지 큐에 저장되어 있는 모든 CAN 메시지를 하나의 FlexRay 슬롯으로 조립하고 정해진 순서에 전송한다. 반면에, FlexRay 네트워크에서 수신할 FlexRay 메시지가 확인되면, 수신할 메시지를 메시지 큐에 저장한다. 저장된 FlexRay 메시지에 CAN 네트워크로 전송할 CAN 메시지가 있는지를 확인한다. 만약에 전송할 CAN 메시지가 있다면 수신된 FlexRay 슬롯의 헤더와 테일러를 제거하고 CAN 메시지로 수정하여 CAN 전송 메시지 큐에 저장된 순서에 따라 CAN 네트워크에 전송한다. 마지막으로, CAN 메시지를 저장한 메시지 큐에 더 이상 전송할 CAN 메시지가 없으며 다시 수신된 메시지가 있는지를 확인한다.

Fig. 4는 CAN 노드가 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이를 이용하여 FlexRay 노드에 메시지를 전송하는 방법을 타이밍 도(timing diagram)로 표현한 예를 나타내고 있다. 그림에서, CAN 발신 노드 x와 y에서 CAN 메시지 x1, x2와 y1의 생성 주기는 FlexRay 통신 사이클과 같고, 메시지 x2의 생성

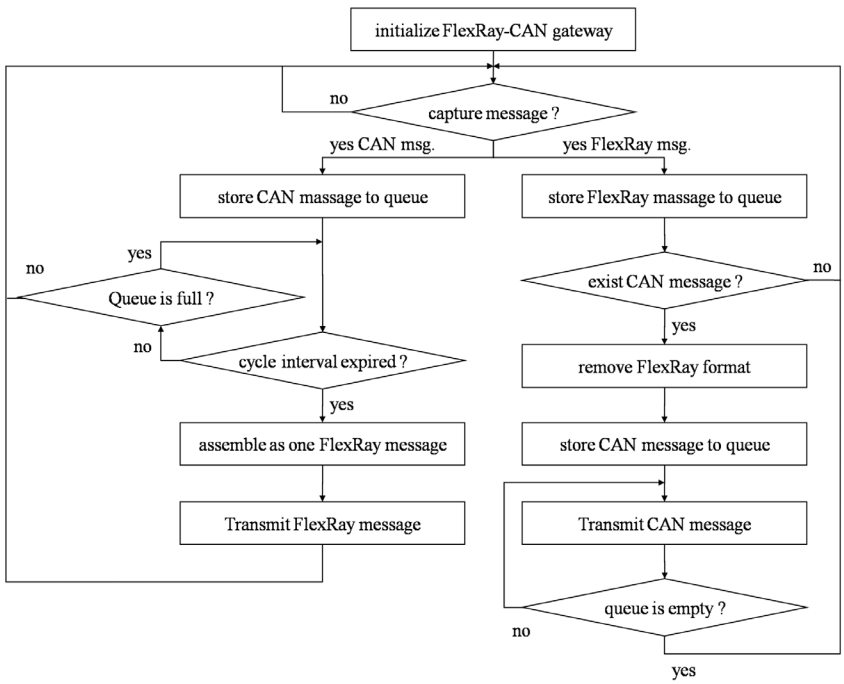


Fig. 3 Gateway operation algorithm for the node-based FlexRay-CAN gateway

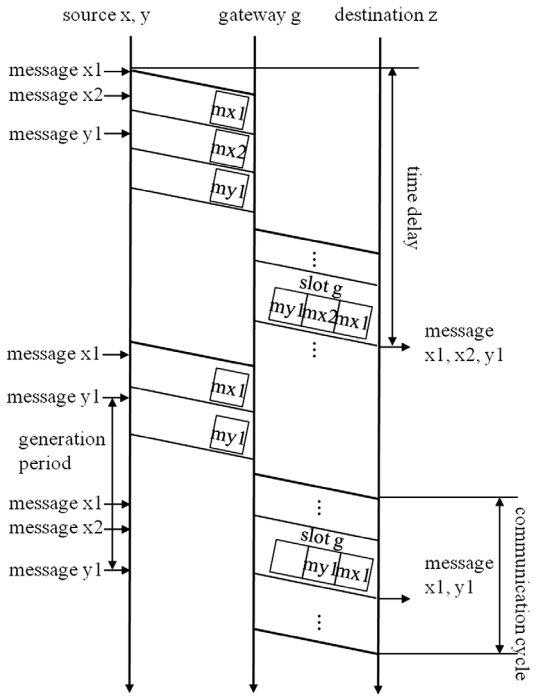


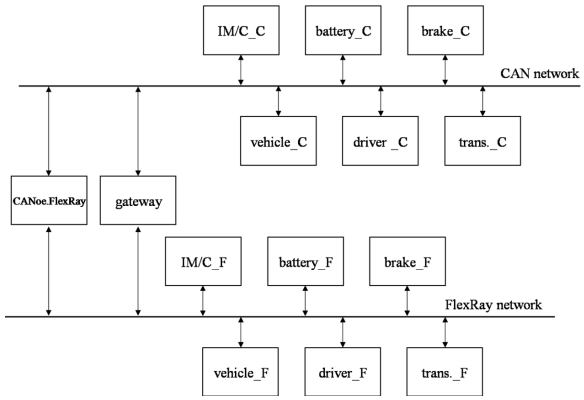
Fig. 4 Example of timing diagram of node-based FlexRay-CAN gateway operation

주기는 통신 사이클의 주기의 두 배러 가정한다. 그림에서, FlexRay 통신 사이클을 CAN 메시지의 생성 주기의 최대공약수로 설정하면 mx1과 my1 메시지는 FlexRay-CAN 게이트웨이에서 매 통신 사이클마다 슬롯 g에서 항상 전송이 되고, mx2는 번갈아 가면서 슬롯 g에서 전송될 것이다. 즉, CAN 발신 노드 x와 y에서 CAN 메시지 x1, x2와 y1이 생성되어 전송이 되면 FlexRay-CAN 게이트웨이의 CAN ID Mask는 x1, x2와 y1 메시지가 수신 받아야 메시지임을 확인하고 CAN Rx pin을 통하여 메시지를 수신한다. CAN 메시지를 수신한 후 FlexRay-CAN 게이트웨이는 수신 받은 메시지를 순서대로 NoM, SML와 LoM을 추가하여 하나의 FlexRay 슬롯 g를 조립한다. 마지막으로, FlexRay 통신 사이클에서 슬롯 g를 전송할 시점이 되면 FlexRay 네트워크에 슬롯 g를 전송한다. 여기서, FlexRay 네트워크의 모든 노드는 모든 슬롯에 대해서 전송하는 노드의 정보와 수신하는 노드의 정보를 네트워크 스케줄링 단계에서 가지고 있기 때문에 FlexRay-CAN 게이트웨이에서 전송되는 슬롯 g에 포함되어 있는 CAN 메시지를 필요한 FlexRay 노드에서 수신하게 된다. 또한, 생성된 CAN 메시지는 FlexRay 네트워크에서 슬롯 g를 이용하여 주기적으로 보내어질 것이기 때문에, 전송 지터는 거의 발생하지 않을 것이다.

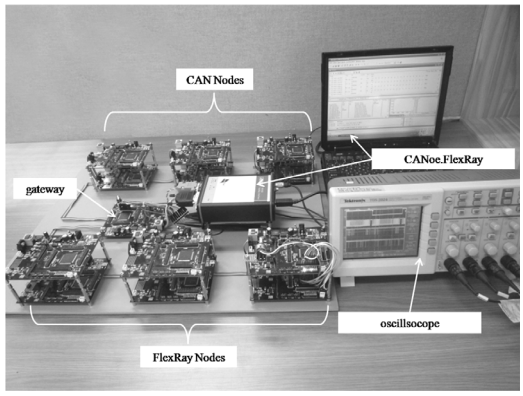
본 논문에서 제한한 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이는 노드 슬로팅 방법을 이용하여 메시지를 전송하기 때문에 메시지가 변경되어도 게이트웨이의 소프트웨어를 변경할 필요가 없는 장점을 가지고 있다. 또한, 노드 슬로팅 방법을 사용하기 때문에 CAN 메시지가 FlexRay 사이클 시간 동안 수신되지 않는 경우를 제외하고는 FlexRay 슬롯을 비워서 전송하는 경우가 발생하지 않는다.

3. 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이 성능 평가

본 절에서는 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이의 성능을 평가하기 위하여 Fig. 5와 같은 실험 모델을 구성하였다. Fig. 5(a)는 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이의 성능을 평가하기 위한 실험 모델의 구조를 나타내고 있다. 실험 모델은 미국 자동차 공학회(SAE)의 'BENCHMARK'의 네트워크 구조와 메시지 데이터베이스(database)를 이용하여 차량의 바디 네트워크와 새시 네트워크를 모사하여 설계하였다.[19] SAE 'BENCHMARK'를 이용한 실험 모델은 6개의 CAN노드, 6개의 FlexRay 노드, 하나의 CANoe.FlexRay 7.2와 하나의 FlexRay-CAN 게이트웨이로 구성되어 있다. 네트워크의 메시지는 SAE 'BENCHMARK'의 53개의 메시지를 참고하여 29개의 CAN 메시지와 30개의 FlexRay static 슬롯이 5ms 사이클로 전송되도록 설계하였다. 또한, FlexRay static 슬롯의 크기는 64 word로 설정하였다. 예로, FlexRay 네트워크의 5ms 전송 주기 사이에 8 byte의 데이터를 가진 CAN 메시지 9개가 전송되어 FlexRay-CAN 게이트웨이에 저장되어 있다면 게이트웨이의 슬롯은 64word 크기 중에서 58word (CAN 메시지 1개 당 103bit 약 13byte)만큼 슬롯을 CAN 메시지 정보로 채워서 전송하게 된다. 여기서, SAE 'BENCHMARK'의 네트워크 트래픽이 낮기 때문에 FlexRay와 CAN 네트워크에 동일한 노드를 추가하였으며 메시지 전송 주기를 5에서 1,000ms까지



(a) Schematic of testbed



(b) Implementation details of testbed

Fig. 5 Experimental testbed for node mapping-based FlexRay-CAN gateway

조정할 수 있도록 설계하였다.

Fig. 5(b)는 구축한 실험 모델의 실제 모습을 나타내고 있다. CAN 노드의 전송 속도는 500Kbps로 설정하고 FlexRay 노드의 전송 속도는 10Mbps로 설정하였다. 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이와 성능을 비교 평가하기 위하여 메시지 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이를 테스트베드에 함께 구현하였다. 여기서, 메시지 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이는 게이트웨이 내부에 CAN ID와 이에 해당되는 FlexRay 슬롯을 테이블 형식으로 보관하여 CAN 메시지나 FlexRay 슬롯이 수신되면 그에 해당하는 FlexRay 슬롯 번호나 CAN 메시지 ID로 변경하여 전송하는 방법이다. 예로, CAN 네트워크에서 FlexRay 네트워크로 전송할 CAN ID 0x80의 메시지가 FlexRay-CAN 게이트웨이로 전송되면 사전에 할당된 FlexRay 슬롯 80번에 데이터가 삽입되어 전송할 시점이 되면 슬롯 80번을 전송하는 방법이다.

노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이의 성능을 평가하기 위하여 두 가지 실험을 수행하였다. 첫 번째 실험은 특정 CAN 메시지 ID를 변경하여 변경된 CAN 메시지가 게이트웨이를 통하여 정상적으로 FlexRay 노드에 수신되는지를 실험하였다. CAN ID를 변경하는 실험은 제안한 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이가 소프트웨어의 수정 없이 변경된 CAN ID를 전송할 수 있는지를 평가할 수 있으며, 오실로스코프를 이용하여 전송된 메시지를 실제로 측정하여 평가하였다. 두 번째 실험은 노드

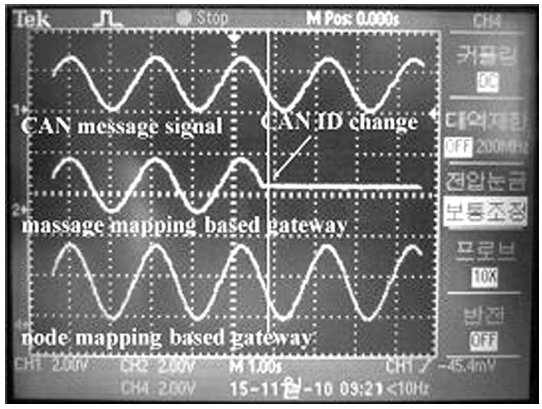


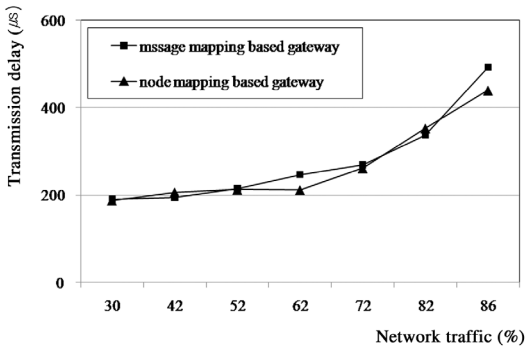
Fig. 6 CAN ID change test in case of ID 0x29

매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이의 전송 지연을 측정하는 실험을 수행하였다. 전송 지연은 CANoe-FlexRay 7.4를 이용하여 CAN 네트워크와 FlexRay 네트워크에 전송한 특정 메시지가 게이트웨이를 통과하여 모니터링 되는 시간의 차이로 정의하고 측정하였다.

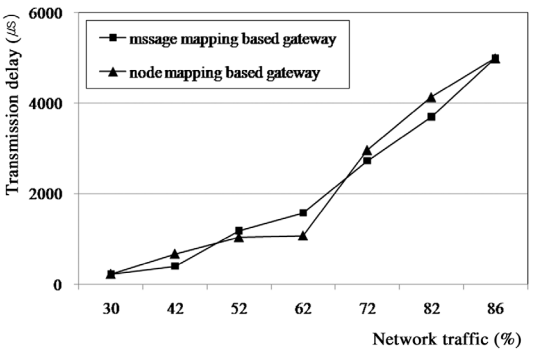
Fig. 6은 CAN 메시지 ID 0x29를 0x60으로 변경하여 수정된 CAN 메시지가 게이트웨이를 통하여 정상적으로 FlexRay 노드에 수신되는지를 실험한 결과를 나타내고 있다. 그림에서, 위쪽 신호는 정상적인 CAN 메시지의 신호를 의미하고 아래 두 개의 신호는 메시지 매핑과 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이를 이용하여 수신된 신호를 나타내고 있다. CAN 메시지가 변경되기 전까지는 양쪽 게이트웨이에서 정상적으로 신호가 출력되지만, CAN 메

시지가 ID가 0x29에서 0x60으로 변경되는 시점에서 일반적인 메시지 매핑 FlexRay-CAN 게이트웨이는 신호가 출력되지 않는 것을 확인할 수 있다. 왜냐하면, 메시지 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이는 CAN 메시지 ID가 변경되면 메시지 매핑 맵을 수정하지 않으면 변경된 메시지를 FlexRay 네트워크에 전송할 수 없기 때문이다. 반면에, 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이는 CAN 메시지 ID가 변경되어도 정상적으로 메시지 값을 출력하는 것을 확인할 수 있다. 다시 말해, 본 논문에서 제안한 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이는 CAN 메시지 ID가 변경되어도 정상적으로 메시지를 출력할 수 있음을 의미한다.

Fig. 7은 FlexRay 네트워크에서 CAN 네트워크로 메시지를 전송할 때 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이의 전송 지연을 평가한 결과를 나타내고 있다. FlexRay 네트워크의 Brake 노드에서 슬롯 number 30을 전송하여 게이트웨이를 거쳐 CAN 네트워크의 vehicle 노드에서 수신되도록 실험을 수행하였다. Fig. 7(a)는 FlexRay 슬롯 number 30을 500회 전송하여 수신된 CAN 메시지 전송 지연의 평균값을 나타내고, Fig. 7(b)는 100회 전송한 메시지 중에서 최대 전송 지연을 나타내고 있다. Fig. 7(a)에서, 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이와 기존의 게이트웨이는 네트워크의 트래픽이 증가하면 평균 전송 지연 값도 증가하는 것을 확인하였다. 왜냐하면, FlexRay 네트워크에서 전송한 메시지가 게이트웨이를 통과하여 CAN 네트워크에서 전송할 때 네트워크의 트래픽이 증가하면 전송할 수 있는 기회가 줄어들기 때문에 지연이 증가하게 된다. 여기서, CAN 네트워크의 트래픽은 CANoe.FlexRay 7.2를 사용하여 실시간으로 측정하였으며, 네트워크의 트래픽은 각각의 노드에서 발생되는 메시지의 발생 주기를 변경하여 조정하였다. Fig. 7(b)에서, 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이와 기존의 게이트웨이도 네트워크의 트래픽이 증가하면 최대 전송 지연 값도 증가하는 것을 확인하였다. 평균 전송 지연이 증가하는 것과 동일한 이유이며, 평균 전송 지연 값 보다는 높은 값을 가지는 것을 확인하였다. 즉, 두 가지 게이트웨이가 동일한 전송 지연 특성을 가



(a) Average transmission delay of FlexRay to CAN



(b) Maximum transmission delay of FlexRay to CAN

Fig. 7 Transmission delay of FlexRay-CAN gateway when messages are sent from FlexRay to CAN

짐을 알 수 있다.

이상의 실험 결과에서 보여주듯이 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이는 기존의 게이트웨이와 비교하여 유사한 전송 지연을 가지면서도 메시지 ID가 변경되어도 정상적으로 전송되는 특징을 가짐을 확인하였다. 즉, 메시지 매핑 기반 게이트웨이에서 발생되는 메시지 변경 시 다시 펌웨어를 해야 하는 문제를 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이는 해결할 수 있음을 의미한다.

4. 결 론

본 논문은 메시지 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이 개발 방법을 대체할 수 있는 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이 설계 방법과 게이트웨이 동작 알고리즘도 함께 제안하였다. 마지막으로, 차량 내부 네트워크 실험 모델을 이용하여 제안된 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이의 성능을 평

가하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫 번째, 기존의 메시지 매핑 기반의 FlexRay-CAN 게이트웨이는 메시지가 변경되면 게이트웨이 소프트웨어를 다시 수정해야 하는 것을 확인하였다.

둘째, 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이는 메시지 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이가 가지는 문제점을 해결할 수 있음을 실험으로 확인하였다.

셋째, 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이는 메시지 매핑 기반 게이트웨이의 문제점을 해결하면서도 거의 유사한 전송 지연 특성을 가짐을 확인하였다.

하지만, 본 논문은 제한된 실험 환경에서 가상의 차량 바디 네트워크와 새시 네트워크 환경을 모사하여 실험을 수행하였다. 따라서 실제 차량에 사용되는 바디 네트워크와 새시 네트워크를 기준으로 실제로 전송되는 메시지에 대해서 제안한 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이의 성능을 평가하는 것이 필요하다. 향후에는, 제안한 노드 매핑 기반 FlexRay-CAN 게이트웨이를 이용하여 CAN 네트워크와 FlexRay 네트워크를 통합하는 통합 시스템을 구축하여 게이트웨이의 성능을 평가하는 연구가 필요할 것이다.

후 기

본 연구물은 교육과학기술부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 광역경제권 선도 산업 인재양성사업의 연구 결과입니다.

References

1) S. Lee, D. H. Lee, M. H. Kim and K. C. Lee, “Traffic-balancing Algorithm for CAN System with Dual Communication Channels to Enhance the Network Capacity,” Int. J. Automotive Technology, Vol.11, No.4, pp.525-531, 2010.
2) E. Armengaud, A. Steininger and M. Horauer, “Towards a Systematic Test for Embedded Automotive Communication Systems,” IEEE Transactions on Industrial Infomatics, Vol.4, No.3, pp.146-155, 2008.
3) T. H. Hwang, K. Park, S. J. Heo, S. H. Lee and J. C. Lee, “Design of Integrated Chassis Control Logics for AFS and ESP,” Int. J. Automotive Technology, Vol.9, No.1, pp.17-27, 2008.
4) E. G. Schmidt and K. Schmidt, “Message Scheduling for the FlexRay Protocol: The Dynamic Segment,” IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.58, No.5, pp.2160-2169, 2009.
5) R. Isermann, R. Schwarz and S. Stolzl, “Fault-tolerant Drive-by-wire Systems,” IEEE Control Systems Magazine, Vol.22, No.5, pp.64-81, 2002.
6) I. S. Park and M. H. Sunwoo, “FlexRay Network Parameter Optimization Method for Automotive Applications,” IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.58, No.4, pp.1449-1459, 2011.
7) M. H. Kim, S. Lee and K. C. Lee, “Kalman Predictive Redundancy System for Fault Tolerance of Safety-critical Systems,” IEEE Transactions on Industrial Infomatics, Vol.6, No.1, pp.46-53, 2010.
8) K. Tindell, A. Burns and A. J. Wellings, “Calculation Controller Area Network (CAN) Message Response Times,” Control Engineering Practice, Vol.3, No.8, pp.1163-1169, 2000.
9) G. Leen and D. Heffernan, “Expanding Automotive Electronic Systems,” Computer, Vol.35, No.1, pp.88-93, 2002.
10) S. H. Seo, S. W. Lee, S. H. Hwang and J. W. Jeon, “Development of Network Gateway between CAN and FlexRay Protocols for ECU Embedded Systems,” International Joint Conference on SICE- ICASE, pp.2256-2261, 2006.
11) H. Li, H. Zhang, F. Xia and W. Huang, “Research on Communication Controller between FlexRay and Modbus,” International Conference on ICSAP, pp.73-76, 2009.
12) T. Herpel, B. Kloiber, R. German and S. Fey, “Routing of Safety-relevant Messages in Automotive ECU Networks,” IEEE 70th Vehicular Technology Conference Fall, pp.1-5. 2009.
13) E. G. Schmidt, M. Alkan, K. Schmidt, E.

Yuruklu and U. Karakaya, “Performance Evaluation of FlexRay/CAN Networks Interconnected by a Gateway,” 2010 International Symposium on Industrial Embedded Systems (SIES), pp.209-212, 2010.

14) S. H. Seo, J. H. Ki, S. H. Hwang, K. H. Kwon and J. W. Jeon, “An Evaluation of the FlexRay-CAN Gateway-embedded System in the HEV Test Bench,” IEEE International Symposium on Industrial Electronics, pp.664-669, 2009.
15) J. H. Kim, S. H. Seo, T. Y. Moon, K. H. Kwon, J. W. Jeon and S. H. Hwang, “A Method for Improving the Reliability of the Gateway System by Using OSEK and Duplication Scheme,” IEEE International Conference on Industrial Technology, pp.1-6, 2008.
16) S. H. Kim, S. H. Seo, J. H. Kim, T. M. Moon, C. W. Son, S. H. Hwang and J. W. Jeon, “A Gate-way System for an Automotive System: LIN, CAN, and FlexRay,” IEEE International Conference on Industrial Informatics, pp.967-972, 2008.
17) H. Li, H. Zhang, D. Peng and W. Huang, “Design and Application of Communication Gateway Based on FlexRay and CAN,” International Conference on Electronic Computer Technology, pp.664-668, 2009.
18) W. Qin, K. Feng and F. Xiuwei, “Research of Automotive Network FlexRay/CAN Gateway based on DSP,” International Conference on Future Computer and Communication, pp.V2-837-V2-840, 2010.
19) K. W. Tindell and A. Burns, “Guaranteeing Message Latencies on Controller Area Network (CAN),” Proceedings of the 1st International CAN Conference, pp.1-11, 1994.