

지능형 차량에서 IVN 시스템을 위한 IEEE 1451 기반 스마트 모듈의 개발

김만호*, 류세형(부산대 대학원 지능기계공학과), 이경창, 이 석 (부산대 기계공학부)

IEEE 1451 based Smart Module for In-vehicle Networking Systems in Intelligent Vehicles

M.H. Kim, S.H. Ryu(Dept. of Int. & Mecha. Eng., PNU), K.C.Lee (Sch. of Mecha. Eng. , PNU),
S.Lee(Mecha Eng. , PNU)

ABSTRACT

Abstract : As vehicles are more intelligent for convenience and safety of drivers, the in-vehicle networking systems and smart modules are essential components for intelligent vehicles. However, for the smart module to widely apply to the IVN systems, two problems are considered as follows. Firstly, because it is very difficult that transducer manufacturers developed the smart module that supports the existing all IVN protocols, the smart module must be independent to the type of networking protocols. Secondly, when the smart module is exchanged due to its failure, it is necessary how the transducer is only exchanged without exchange of the microprocessor and network transceiver. This paper deals with the IEEE 1451 based smart module that describes the digital interface between a network transceiver and sensor module. Finally, efficiency of the IEEE 1451 based smart module was evaluated on the experimental model.

Key Words : smart transducer(스마트 트랜스듀서), IEEE 1451, in-vehicle networking(IVN), controller area network (CAN), intelligent vehicle(지능형 차량)

1. 서론

최근 들어, 지능화 차량(intelligent vehicle)에 대한 관심이 급속히 증대되어 가고 있다. 이런 지능화 차량을 구현하기 위해서는 차량의 상태와 차량 외부의 환경이 실시간으로 인식될 수 있어야 할 뿐만 아니라, 차량이 반자동 또는 자동으로 제어될 수 있어야 한다.

이러한 이유로, 지능화 차량에서는 다양한 지능형 센싱 및 제어(intelligent sensing and control) 알고리즘이 요구된다.

특히, 차량의 지능화가 더욱 높은 수준으로 진행됨에 따라, 차량에서 사용되는 각종 전자 부품의 수는 급속도로 증가하게 되었다. 그러나, 전자 부품과 전자제어기(Electronic Control Unit, ECU)나 스위치(switch)를 전선을 이

용하여 일대일로 연결하는 전통적인 배선 시스템(harness system) 체계에서는, 전자 부품의 증가는 전선이 기하급수적으로 증대되는 결과를 초래하여 차량의 정비와 기능의 추가를 어렵게 하였을 뿐만 아니라, 차량 중량을 증가시켜 차량 성능을 약화시키는 결과를 초래하였다.

이러한 문제를 해결하기 위하여, 자동차 완성차 업계와 부품 업계는 차량 내부 네트워크 시스템(in-vehicle networking system, IVN)을 개발하기 시작하였다. 이러한 결과, 윈도우 모터나 윈도우 스위치 등과 같은 차량 제어용 프로토콜로 CAN(Controller Area Network)과 J1850, LIN(Local Interconnect Network) 등이 개발되었다.

또한 최근에는 차량에서 ECU의 부담을 줄이기 위하여 전자 부품과 마이크로 프로세서 및 네트워크 트랜시버를 하나의 모듈로 통합하려는 스마트 모듈이 제안되었다.

그러나, 스마트 모듈이 IVN 시스템에서 보다 효율적으로 적용되기 위해서는 다음과 같은 두 가지 문제가 고려되어야 한다. 첫째, 스마트 모듈은 IVN 시스템에서 사용되는 프로토콜의 종류에 관계없이 적용될 수 있어야 한다. 둘째, 스마트 센서를 교체하는 경우, 교체 비용이 작아야 한다.

이러한 문제를 해결하기 위하여, 본 논문에서는 IVN 시스템을 위한 IEEE 1451 기반 스마트 모듈을 제안하고자 한다.

본 논문은 서론을 포함하여 5 장으로 구성되어 있다. 2 장에서는 IEEE 1451에 대하여 서술하였으며, 3 장에서는 CAN 네트워크 모듈에서 IEEE 1451의 적용 방법에 대하여 제시하였다. 4 장에서는 실험 모델의 성능을 평가하고, 5 장에서는 결론을 제시하였다.

2. 스마트 모듈 설계를 위한 표준 IEEE 1451

IEEE 1451은 공장 자동화 시스템에서 스마트 트랜스듀서의 개발을 위하여 제안되었다. 스마트 트랜스듀서를 구성하는 데 있어서 핵심적인 부분인 IEEE 1451은 그림 1에서 보는 바와 같이 STIM(Standard Transducer Independent Module)과 NCAP(Network Capable Application Processor)으로 구성되어 있다. 여기에서, STIM은 트랜스듀서와의 인터페이스, 신호 변환 그리고 신호 처리 기능을 수행한다. 즉, 그림에서 보는 바와 같이, STIM은 트랜스듀서(XDCR)로부터 아날로그 신호를 측정하고, 측정된 아날로그 신호를 A/D 변환기(ADC)를 이용하여 디지털 데이터로 변환하고, 이를 NCAP으로 전달한다. 그리고, NCAP으로부터 전달 받은 디지털 데이터를 D/A 변환기(DAC)를 이용하여 아날로그 신호로 변환한 후 트랜스듀서에 전달하는 역할도 함께 수행한다.

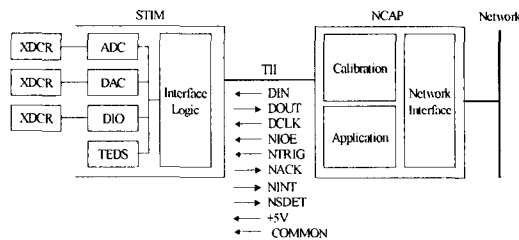


Fig 1. Schematic structure of IEEE 1451 based smart module

반면, NCAP는 STIM에서 받은 데이터를 연산 처리한 후 네트워크를 통하여 디지털의 형태로 전송하는 기능을 수행한다. 여기에서, NCAP와 STIM은 그림 1에 표시한 바와 같이 데이터 전송을 위한 디지털 인터페이스를 정의한 TII(Transducer Independent Interface)를 이용하여 서로 통신을 수행한다.

특히, NCAP는 초기화될 때, STIM 내부에서 트랜스듀서의 종류나 보정 데이터와 같은 트랜스듀서에 관한 정보를 저장하고 있는 TEDS(Transducer Electronic Data Sheet)를 통하여 트랜스듀서에 대한 정보를 읽어오게 된다

이러한 방법에 의하여, IEEE 1451에서는 NCAP를 초기화하거나 STIM을 교체하더라도 NCAP는 TEDS로부터 트랜스듀서에 대한 정보를 읽게 됨으로써, 관리자의 특별한 보정 없이도 즉시 스마트 모듈의 사용이 가능하게 된다.

3. IEEE 1451 기반 CAN 모듈의 설계

3.1 STIM 모듈의 설계

STIM은 센서에서 받은 아날로그 데이터를 필터링하고, A/D 변환을 거쳐 디지털 데이터로 변경하는 기능을 수행하는 모듈로서, STIM의 동작 알고리즘을 나타내면 그림 2와 같다. 그림에서 STIM은 초기화 과정을 거친 후에, TII의 NIOE 신호선이 high 레벨(1의 값)인 경우, STIM은 데이터가 전송되고 있지 않다고 판단하고 트리거 명령을 수행하기 위하여 다음 단계로 진행한다. 그리고 나서, TII의 NTRIG 신호선이 low 레벨(0의 값)인 경우에는 트리거 명령을 수행하고, 그렇지 않은 경우에는 다시 NIOE의 값을 검사하기 위하여 앞 단계로 진행한다. 만약, NIOE 신호선이 low 레벨인 경우에는 데이터 전송이 이루어질 것임을 나타낸다. 마지막으로, STIM과 NCAP는 기능 주소(functional address)와 채널 주소(channel address)와 데이터를 차례대로 교환하고 난 후, 데이터를 교환한다.

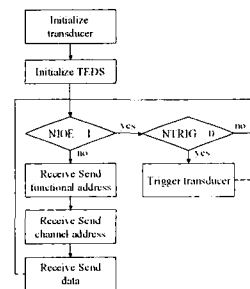


Fig 2. Operation algorithm of STIM

3.2 NCAP 모듈의 설계

NCAP은 스마트 모듈의 데이터 처리 기능과 데이터 전송 기능을 수행하는 모듈로서, NCAP의 동작 알고리즘을 나타내면 그림 3과 같다. NCAP는 I/O 포트와 CAN 포트를 초기화한 후에, STIM과 연결되어 있는지를 검사한다. 만약 NCAP와 STIM이 연결되어 있지 않은 경우에는 COMMON선과 연결되어 있는 TII의 NSDET선을 통하여 high 레벨의 신호가 들어오게 되므로, NCAP은 지속적으로 STIM과의 연결상태를 검사한다. 반대로, NCAP와 STIM이 연결되어 있는 경우에는 NSDET선으로 low 레벨의 신호가 들어오게 되므로, NCAP는 STIM에 전원을 공급하고, TEDS가 안정화될 때까지 일정한 시간을 기다린다. 그리고 나서, NCAP은 TEDS를 읽기 위해 Read TEDS 메시지를 보내며, 이 신호를 받은 STIM은 내부 메모리에 저장되어 있는 TEDS 정보를 NCAP으로 보내게 된다. NCAP은 이렇게 받은 정보를 이용하여 STIM에 대한 초기화 과정을 거치게 되며, 현재 연결되어 있는 트랜스듀서의 종류나 보정값 등을 파악할 수 있게 된다. 마지막으로, NCAP는 STIM으로부터 트랜스듀서의 값을 얻기 위하여 주기적으로 데이터를 받아서 내부 메모리에 저장한 후 보정 함수를 수행하고 난 후, CAN 트랜시버를 이용하여 다른 노드로 전송한다

4. IEEE 1451 기반 스마트 모듈의 성능 평가

4.1 스마트 모듈의 동작 성능 평가

본 논문에서는 트랜스듀서에 IEEE 1451.2를 적용하는 경우에 발생할 수 있는 시간 지연의 영향을 평가하기 위하여 그림4와 같은 실험 모델을 구성하였다. 그림 4(a)는 전통적인 방식의 CAN 기반 모듈인. 반면, 그림 4(b)는 IEEE 1451 기반 스마트 모듈을 이용한

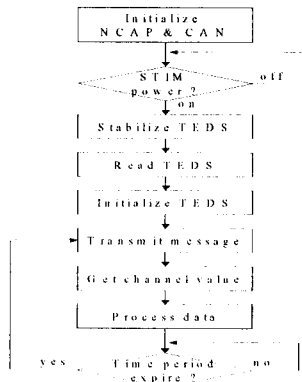


Fig 3. Operation algorithm of NCAP

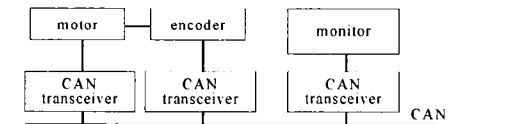
방식으로, IEEE 1451 기반 스마트 모터 노드와 스마트 엔코더 노드, 모니터 노드가 접속되어 있다. 그림 4(c)는 본 논문에서 구현된 STIM과 NCAP 모듈을 나타내고 있다.

실험 모델을 이용하여, 시간 지연을 평가하기 위하여 전통적인 모터 노드와 스마트 모터 노드의 속도 변화를 관찰하였다.

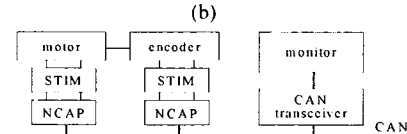
먼저, 모터의 속도는 무부하 상태에서 975 rpm으로 정속 회전하다가 일정 시간이 지난 후에 모니터 노드에서 CAN 네트워크를 통하여 트리거 신호를 보내면, 모터가 2,400 rpm으로 회전하도록 설정하였다. 또한, 엔코더 모듈은 4ms 주기로 모터의 속도를 측정하도록 하였다. 마지막으로, 모터의 제어를 위하여 PD 제어기가 사용되었으며, Kp는 0.18, Kd는 0.009으로 설정하였다.

그림 5에서 전통적인 노드의 경우, 모터의 속도는 0.9876초에서 증가되기 시작하여 1.0163초에 2,400rpm으로 안정화되었다 그러나, 스마트 노드의 경우에는 전통적인 노드에 비하여 8.2msec가 지연된 0.9958초에서 증가되기 시작하여 1.0285초에 안정화되었다.

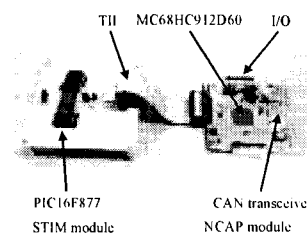
즉, 실험에서 전통적인 노드에 IEEE 1451을 도입하는 경우, 모터 스텝 응답은 약 8msec, 즉, 2샘플링 타임의 지연이 발생함을 관찰할 수 있다. 또 이러한 지연은 바디 제어 네트워크(body control network)과 같은 차량용 네트



(a) experimental setup with conventional smart module



(b) experimental setup with IEEE 1451 based smart module



(c) STIM and NCAP module for experimental model
Fig 4. Experimental model for evaluating the time delay of IEEE 1451 based smart module

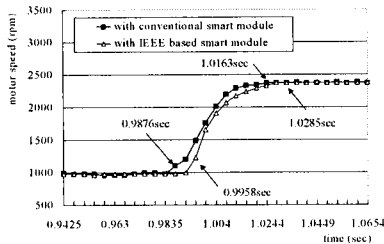


Fig 5. Step response of motor by conventional and smart node

워크의 성능에 큰 영향을 주지 않을 것으로 평가된다. 이는 차량의 윈도우 모터에 있어서 8msec의 지연은 운전자에게 큰 영향을 주지는 않을 것이기 때문이다. 이상과 같은 실험 결과로부터, IEEE 1451 기반 스마트 노드는 전통적인 CAN 노드에 비하여 성능 면에서 큰 차이가 없다고 할 수 있다.

4.2 스마트 모듈의 교체 성능 평가

IEEE 1451 기반 스마트 모듈은 STIM에 저장되어 있는 TEDS를 이용하여 트랜스듀서에 대한 정보를 읽고 초기화를 수행할 수 있기 때문에, 네트워크 프로그램에 아무런 영향을 주지 않고도 스마트 모듈의 교체가 가능하다.

교체 성능을 평가하기 위해 모터는 3,500 rpm으로 정속 주행하고, 모니터 노드는 CAN 네트워크에 접속되어 있는 엔코더로부터 4msec 간격으로 모터의 값을 수신하도록 하였다. 이때, 네트워크에 결합되어 있는 엔코더에 고장이 발생하였다고 가정하고, 기존의 스마트 엔코더(old STIM)를 새로운 스마트 엔코더(new STIM)로 교체하였다. 이러한 상황에서, STIM의 초기화 및 재구성에 걸리는 시간을 관찰하였으며, 다른 보정값을 가지는 엔코더로도 CAN 네트워크 프로그램의 수정 없이 정상적인 동작이 가능한 지를 관찰하였다.

그림 6에서, 기존의 스마트 엔코더(old STIM)가 3.9738sec에 고장이 발생하였다고 가

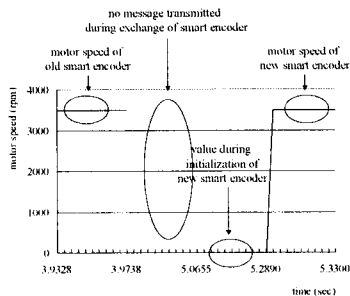


Fig 6. Step response in case of exchange of IEEE 1451 based smart module

정하자. 새로운 스마트 엔코더가 교체되고 나면, 성능 관리기는 STIM의 초기화와 TEDS 재구성 단계를 의미하는 0 값을 5.2931sec까지 수신한다. 마지막으로, 5.2931sec에서 STIM의 교체가 완료되고 나면, 성능 관리기는 정상적인 엔코더 값(3,500)을 수신하게 된다.

이러한 실험 결과로부터, 새로운 스마트 모듈이 교체되고 나서, 정상 동작하는 데까지 약 228msec의 지연 시간이 걸렸음을 알 수 있다.

또한, 스마트 모듈을 교체하는 경우에도, IEEE 기반 스마트 모듈은 정상적인 동작이 이루어짐을 확인할 수 있었다. 일반적으로, 바디 제어 시스템에서 센서나 모터의 교체는 주로 오프라인 상태에서 이루어진다. 따라서, 228msec의 지연 시간은 차량에 큰 영향을 미치지 않기 때문에, 여러가지 장점을 가진 IEEE 기반 스마트 모듈은 전통적인 스마트 모듈보다 더 우수한 것으로 평가된다.

5. 결론

본 논문에서는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, IEEE 1451 기반 스마트 모듈을 사용하게 되면, 독립적인 트랜스듀서의 개발이 가능해지고, 트랜스듀서의 교체에 따른 비용을 절감할 수 있게 되었다.

둘째, IEEE 1451.2 기반 스마트 모듈을 사용하게 되는 경우, 프로세서의 추가로 인한 메시지 처리 시간이 증가는 IVN 시스템의 성능에 큰 영향을 줄만큼 크지 않음을 실험을 통하여 확인하였다.

셋째, TEDS 기능을 구현하기 위한 추가적인 마이크로 프로세스 사용 문제는 전통적인 스마트 모듈의 교체가 IEEE 기반 스마트 모듈의 교체보다 더 많은 비용이 요구된다는 점에서 IEEE 기반 스마트 모듈의 가격 대 성능비가 더 우수하다고 볼 수 있다.

참고문헌

1. IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for sensors and Actuators – Transducer to Microprocessor Communication Protocols under Transducer Electronic Data Sheet(TEDS)Format, IEEE Std 1451.2, 1997
2. H Kopetz, "A comparison of CAN and TTP," Annual Reviews in Control, Vol. 24 no. 1 pp. 177-188, Jan. 2000