

CANopen 프로토콜을 이용한 IEEE 1451 기반 멀티센서 시스템의 설계 Design of IEEE 1451 based Multi Sensor Systems using CANopen Protocol

*송영훈¹, 박지훈², 이경창³, #이석¹

*Y. H. Song¹, J. H. Park², K. C. Lee³, #S. Lee(slee@pnu.edu)¹

¹ 부산대학교 기계공학부, ² 부산대학교 지능기계공학과, ³ 부경대학교 제어계측공학과

Key words : intelligent manufacturing system, Fieldbus, networked sensor, smart sensor, CANopen, IEEE 1451

1. 서론

컴퓨터 및 통신 기술의 발달에 따라 공장 자동화 시스템 및 생산 시스템은 지능화, 자율화 되었으며, 정보들이 분산되어 관리되는 지능 생산 시스템(IMS: Intelligent Manufacturing System)으로 발전되고 있다.^{1,2} 이러한 지능 생산 시스템에서 사용되는 자동화 시스템은 다수의 센서와 제어기 같은 필드장치(Field device)를 사용하며 이를 연결하는 네트워크를 필드버스 라고 한다. 현재 CAN(Controller Area Network)을 기반으로 하는 DeviceNet, CANopen 과 같은 프로토콜이 표준으로 제정되어 산업용 네트워크로 사용되고 있다.³

필드버스의 다양성으로 인해 센서 제조사는 모든 종류의 필드버스를 지원하는 네트워크 센서를 개발해야 하는 문제점에 봉착하게 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 NIST 와 IEEE 에서 멀티 센서 국제표준안으로 IEEE 1451 을 발표하였다.

하지만 현재까지 표준화된 IEEE 1451 표준은 대부분 하나의 NCAP 과 하나의 TIM 간의 점대점 인터페이스에 대해서만 규정하고 있다. 이러한 문제를 개선하기 위하여 물리계층에 CANopen 프로토콜을 적용한 멀티 센서 인터페이스 표준인 IEEE p1451.6 표준의 제정이 추진되었으나, 표준 제정에 필요한 기간 및 비용의 부족 등의 이유로 취소되었다. 그러나 트랜스듀서 모듈에 비해 NCAP 의 설계 비용이 상대적으로 높기 때문에, 하나의 NCAP 을 이용하여 다수의 트랜스듀서 모듈을 사용하기 위한 다중 접속이 가능한 멀티 센서 시스템의 필요성은 꾸준히 제기되고 있다.^{4,5}

본 논문에서는 CANopen 프로토콜을 이용하여 다중 접속이 가능한 IEEE 1451.0 기반 멀티 센서 시스템의 설계에 대하여 제안하고자 한다.

본 논문은 서론을 포함하여 5 장으로 구성되어 있다. 2 장에서는 IEEE 1451.0 과 CANopen 프로토콜에 대하여 간략하게 서술하였으며, 3 장에서는 CANopen 프로토콜을 이용한 다중 접속이 가능한 IEEE 1451.0 기반 멀티 센서 시스템의 설계 방법에 대하여 서술하였다. 4 장에서는 제안된 멀티 센서시스템의 성능을 평가하였으며, 5 장에서는 결론과 향후 과제를 제시하였다.

2. IEEE 1451.0 및 CANopen

1. IEEE 1451.0 개요

멀티 센서 인터페이스의 국제 표준인 IEEE 1451 은 크게 네트워크 모듈인 NCAP(Network capable Application Processor) , 트랜스듀서 모듈인 TIM(Transducer Independent Module), NCAP 과 TIM 의 인터페이스를 정의한 TII(Transducer Independent Interface), 트랜스듀서의 데이터시트를 전자적으로 명시한 TEDS (Transducer Electronic Data Sheet)로 구성되어 있다.⁶

먼저 TIM 은 트랜스듀서와의 인터페이스, 신호 변환 그리고 신호 처리 기능을 수행한다. 반면, NCAP 은 TIM 에게 지령을 전달하는 역할과 TIM 에서 받은 데이터를 연산 처리한 후 상위의 네트워크를 통하여 디지털의 형태로 전송하는 기능을 수행한다. TII 는 상호 데이터 교환을 위해 요구되는 논리적, 물리적 규격에 대해 정의하고 있으며, TEDS

는 TIM 센서에 관한 정보를 전자적으로 기록한 트랜스듀서의 규격이다.

2. Overview of CANopen 개요

CANopen 프로토콜은 CiA 의 표준으로 다양한 벤더의 하드웨어 특성에 의존적인 개발 과정을 따르는 CAN 기반 응용 시스템 개발의 문제점을 해결하고자 제안되었다. CANopen 프로토콜의 핵심 요소는 OD (Object Dictionary), SDO (Service Data Object) 및 PDO (Process Data Object)를 통한 디바이스 기능성(device functionality)의 서술이다. CANopen 프로토콜의 또 하나의 특징적인 기능은 네트워크에 연결되어 있는 슬레이브 노드들의 에러를 감지하기 위한 노드 감시 프로토콜(node guarding protocol)의 사용이다. 노드 감시 프로토콜은 슬레이브 노드에서 발생한 에러의 감시 기능 외에도 네트워크에 연결된 신규 노드의 정보 수집과 연결 해제된 노드의 정보를 갱신 하는 네트워크 유지보수의 기능에도 사용된다.

3. 멀티 센서 시스템의 설계

Fig. 1 은 본 논문에서 제안하는 다중 접속 기능을 가지는 CANopen 을 이용한 IEEE 1451.0 기반 멀티 센서의 구조도를 나타낸 것이다. 제안된 시스템은 CANopen 네트워크에서 마스터의 역할을 하는 NCAP 모듈 1 개와 슬레이브 역할을 하는 TIM 모듈 여러 개로 구성되며, 센서 인터페이스인 TII 의 물리계층으로는 CAN 이 사용되고 있다.

그림에서, NCAP 모듈은 3 개의 계층으로 구성된다. IEEE 1451.0 통신 계층에서는 OD 에 의거하여 데이터를 PDO 와 SDO 로 패키징하고, CAN 네트워크에 송신하거나 수신하는 역할을 담당한다. IEEE 1451.0 서비스 계층에서는 상위 계층에서 전달받은 메시지와 네트워크를 통해 수신된 메시지를 IEEE 1451.0 표준에서 규정하고 있는 지령 메시지의 구조로 변환하는 역할을 한다. 마지막으로 응용 계층에서는 CiA DS 301 에서 규정하고 있는 CANopen 통신 프로파일과 사용자 응용 프로그램이 동작한다.

TIM 모듈도 NCAP 모듈과 같이 3 부분으로 구성 되어 있다. IEEE 1451.0 통신 계층은 위에서 기술한 것과 같이 데이터를 OD 에 의거하여 PDO 와 SDO 로 패키징하고, CAN 네트워크에 송신하거나 수신하는 역할을 담당한다. IEEE 1451.0 서비스 계층에서는 메시지를 표준에서 정의한 지령

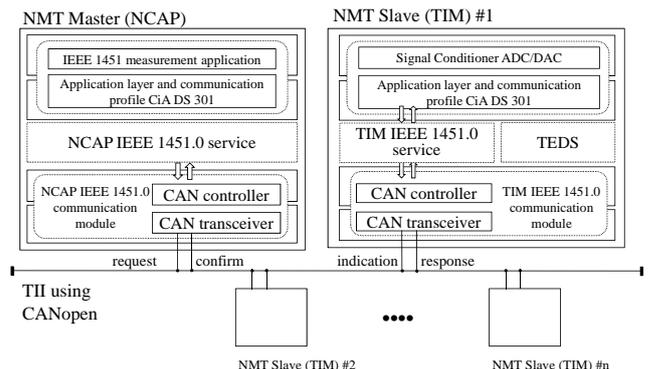


Fig. 1. Schematic architecture of CANopen-based smart sensor with multiple connectivity

메시지의 구조로 변환하는 역할과 함께, 센서의 정보를 전자적으로 정의한 TEDS 의 관리를 담당한다. 마지막으로 응용 계층에서는 CANopen 통신 프로파일과 신호처리와 관련된 응용 프로그램이 동작한다.

4. 멀티 센서 시스템의 성능 평가

본 논문에서 제안한 CANopen 프로토콜을 이용한 다중 접속이 가능한 IEEE 1451 멀티 센서 시스템의 성능을 평가하기 위하여, Fig. 2 와 같은 테스트베드를 구성하였다. 시스템의 성능평가를 위한 테스트베드는 마스터 역할을 하는 하나의 NCAP 모듈과 디지털 압력센서가 연결되어 있는 6 개의 TIM 모듈로 구성하였다. 또한, CAN 버스에서의 데이터 상태를 관찰하기 위하여 네트워크 모니터링 툴인 CANoe 를 연결하였다.

CANopen 을 이용한 IEEE 1451 멀티 센서의 TIM 모듈은 ATMEL 사의 8bit 마이크로 컨트롤러인 AT90CAN 128 을 사용하였다. 또한, 센서의 입력을 위해서 A/D 포트를 사용하였고, TEDS 는 읽기 쓰기가 가능한 EEPROM 을 이용하여 설계하였다. NCAP 모듈은 TIM 모듈과 마찬가지로 AT90CAN128 마이크로 컨트롤러를 사용하였으며, 센서의 데이터를 수집하기 위한 응용프로그램을 설계하였다. NCAP 모듈과 TIM 모듈의 인터페이스인 TII 로 사용되는 CAN 통신을 위하여 CANRX, CANTX 의 CAN 포트를 사용하고, CAN 트랜시버로는 필립스사의 PCA82C250 을 사용하였다. 마지막으로 NCAP 모듈과 TIM 모듈의 CANopen 프로파일을 구성하기 위해 IXXAT 사의 상용 CANopen 스택 버전 4.21 을 사용하여 CiADS 301 통신 프로파일을 구현하였다.

Fig. 3 은 앞에서 언급한 테스트 베드를 이용하여 본 논문에서 제안한 시스템의 트래픽에 따른 전송지연을 평가한 결과를 나타낸 것이다. 전송지연을 평가하기 위하여 6 개의 TIM 에서 PDO 를 이용한 5byte 의 센서 데이터를 100msec(9.6%), 50msec(14.0%), 10msec(49.5%)의 주기로 전송하였다. 또한, 보다 명확한 실험결과와 확인을 위하여 TIM 의 전송주기를 10msec 로 고정한 상태에서 CANoe 를 사용하여 54.0%, 68.0%, 88.0%의 트래픽을 추가적으로 발생시켜 전송지연을 측정하였다. 전송지연은 TIM 모듈의 응용계층에서 센서 데이터를 전송하는 시점과 NCAP 모듈의 응용계층에서 데이터를 수신한 시점에 I/O 시그널을 별도의 전송 지연 측정 모듈의 인터럽터에 연결하여 측정하였다. 실험 결과에서 나타난 것과 같이 트래픽 발생량에 따라 최소 전송지연과 평균 전송지연은 최대 2.0msec 이내를 유지하였으며, 최대 전송지연은 8.57msec 였다..

5. 결론

본 논문에서는 CANopen 프로토콜을 이용하여 다중 접속이 가능한 IEEE 1451 기반 멀티 센서 시스템의 구조에 대

해 제안하였다. 또한, 본 논문에서는 제안한 시스템의 운영을 위해 IEEE 1451 표준에서 정의하고 있는 지령 메시지를 CANopen 프로토콜로 전송하기 위한 방안에 대해 제안하였다. 마지막으로 압력센서를 이용한 테스트베드를 구성하여 제안한 시스템의 성능을 평가하였다. 이상과 같은 실험 결과로부터 본 논문에서는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

본 논문에서 제안한 CANopen 프로토콜을 이용한 다중 접속이 가능한 IEEE 1451 기반 멀티 센서 시스템은 물리계층으로 CANopen 프로토콜을 사용하고 있어 하나의 NCAP 에 최대 127 개의 TIM 을 다중 접속 할 수 있다.

그러나, 본 연구에서는 CANopen 프로토콜을 이용하여 다중 접속이 가능한 멀티 센서 시스템의 설계에 대해서만 초점을 맞추었다. 향후에는 이러한 연구 결과를 확장하여 본 시스템을 적용한 원격 계측 및 제어시스템의 설계에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

후기

본 연구는 지식경제부의 지원을 받아 수행된 지역전략기획 기술개발사업(과제명: 제조용 로봇을 위한 스마트 구동기 모듈 개발)의 연구결과입니다.

참고문헌

1. van Leeuwen, E.H., Norrie, D, "Holons and holarchies [intelligent manufacturing systems]," Manufacturing Engineer, Vol. 76, No. 2, pp. 86 – 88, 1997.
2. 최병욱, "신(新)제조업과 지능형생산시스템 (New Manufacturing and Intelligent Manufacturing Systems)," 한국정밀공학회지, Vol. 20, No. 9, pp. 7-12, 2003.
3. IEC 61158-4, Digital data communications for measurement and control-Fieldbus for use in industrial control systems-Part 4:Data link protocol specification, 1999.
4. Song, E.Y., Kang Lee, "Understanding IEEE 1451-Networked smart transducer interface standard - What is a smart transducer?," IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, Vol. 11, No. 2, pp. 11-17, 2008.
5. Cortes, F., Barrero, F., Toral, S., Prieto, J., Guevara, J., "Multi-sensor integration in the vehicular system using the IEEE1451 Std.: A case study," IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 1-6, 2009.
6. Wobschall, D., "Networked sensor monitoring using the universal IEEE 1451 Standard," IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, Vol. 11, No. 2, pp. 18-22, 2008.



Fig. 2. experimental setup

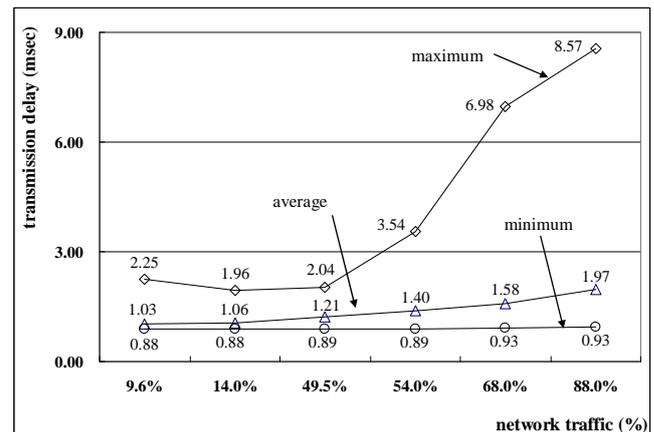


Fig. 3. end-to-end transmission delay of PDO