

텔레메트릭스를 위한 IEEE 1451 스마트 센서 시스템의 구현 Implementation of IEEE 1451-based Smart Sensor System for Telemetry

*김구태¹, 송영훈¹, 라연철¹, 이경창², 이 석¹

*G. T. Kim¹, Y. H. Song¹, Y. C. La¹, K. C. Lee², S. Lee(slee@pnu.edu)³

¹부산대학교 기계공학부, ²부경대학교 제어계측공학과

Key words : Telemetry, USN(Ubiquitous Sensor Network), Networked sensor, Smart sensor, IEEE 1451, ZigBee

1. 서론

최근에, 산업이 급격하게 발전하면서 산업 시설과 거주 환경이 도시를 중심으로 대형화되고 집적화되고 있다.¹ 또한, 국가 경제력이 증가되면서 편리하고 안전한 주거 환경이나 문화 생활을 영위할 수 있는 공공 시설과 같이 삶의 질을 향상시키는 문제에 대한 관심이 증가하고 있다. 하지만, 심각한 기후의 변화로 인하여 빈번하게 발생하는 재해 및 재난 사고나 인간의 실수에 의해서 발생하는 인제는 편안하고 안전한 삶에 치명적인 위협을 주고 있다.²

텔레메트릭스(telemetry)는 재해 혹은 재난 대상의 정보를 원거리에서 실시간으로 획득하여 분석하고, 대상의 상태를 추정하여 원하는 방향으로 제어하는 기술을 의미한다. 텔레메트릭스의 핵심은 USN(Ubiquitous Sensor Network)으로 대표되는 무선 기반 근거리 및 원거리 센서 통신 기술, IEEE 1451로 대표되는 스마트 센서(smart sensor) 기술과 수집된 정보를 이용하여 서비스를 제공하는 기술이다.³

텔레메트릭스의 발전과 함께 많은 연구자에 의해서 관련된 연구가 수행되고 있다. 미국, 일본, EU 등 세계 각국에서 텔레메트릭스 기술을 개발하기 위하여 센서 네트워크 기술과 스마트 센서 원천 기술을 개발하고 있지만 기존의 스마트 센서 연구에는 두 가지 문제점을 가지고 있다. 우선, 기존의 스마트 센서는 많은 프로토콜 중에서 특정 프로토콜을 지원하는 네트워크 센서(network sensor)라는 단점을 가지고 있다.⁴ 다음으로, 기존의 스마트 센서는 고가인 마이크로 컨트롤러와 네트워크 컨트롤러가 일체형으로 통합된 구조를 지원하는 단점을 가지고 있다. 즉, 기존의 스마트 센서는 센서나 통신을 위한 트랜시버(transceiver)가 고장 나면, 고가의 마이크로 컨트롤러가 포함된 스마트 센서 전체를 교체해야 하기 때문이다.

본 논문은 능동형 텔레메트릭스를 위하여 IEEE 1451 기반 스마트 센서를 제안한다. 특히, 통신부는 무선 센서 네트워크에 사용되는 ZigBee를 기반으로 통신할 수 있도록 IEEE 1451.1을 기준으로 설계하고 센서부는 IEEE 1451.2 표준 인터페이스를 기준으로 설계하고 구현하였다. 또한, IEEE 1451 기반의 스마트 센서의 성능은 실험실 환경의 테스트베드에서 원거리의 스마트 센서가 계속한 정보를 제어 기지 역할의 스마트 센서의 노드 수에 따라 무선 통신으로 전송하는 최대 전송 지연, 평균 전송 지연과 plug-and-play 지연으로 평가하였다.

2. 텔레메트릭스 요소 기술 및 IEEE 1451 표준 개요

텔레메트릭스의 핵심 요소 기술은 정보를 수집하는 센서 및 센서 모듈 기술, 수집된 정보를 전송하기 위한 통신 기술과 전송 받은 정보를 이용하여 제어 서비스를 제공하는 기술로 구성된다. 센서 및 센서 모듈 기술은 계측 대상의 상태를 신뢰성 있게 측정하는 것이 핵심이다. 즉, 계측 대상의 상태를 신뢰할 수 있는 수준에서 지속적으로 정확하게 출력할 수 있는 기술을 의미한다.

수집된 정보를 전송하는 통신 기술은 센서의 정보를 유무선 통신망을 통하여 중앙의 관제센터에 전달하는 양방향 통신으로 무선과 유무선 통합 통신 방식으로 구분된다. 센서용 무선 통신 기술은 협대역(1-10kbps) 전송을 목적으로 정보 센서용 수집장치, 무선 중계 모뎀, 무선 중계기 및 통합 기지국 장치 등이 있다.⁵ 센

서용 유무선 통합 통신 방식은 유선 광통신장치를 무선과 융합하여 센서 전용으로 특화 한 장치로 영상 센서 통신용으로 사용되며 광대역(10-100Mbps) 전송을 목적으로 영상 센서용 코덱장치, 유무선연동 게이트웨이, 다중접속 광통신장치 등이 있다.⁵ 근거리 통신 기술에는 저전력 기반 센서 네트워크 기술, 자기 진단 및 복구 기술과 IEEE 1451 기반 양방향 중계 기술 등이 포함된다. 원거리 통신 기술에는 광대역 유무선 통신 기술과 신호 처리를 포함한 데이터 관리 기술 등이 포함된다.

제어 서비스를 제공하는 기술은 영상 정보를 포함하여 전송 받은 정보를 분석하고 가공하여 원격지 시설물의 상태를 추정하여 통합 관리하는 것이다. 특히, 원격지의 시설물을 통합 관리하기 위한 중앙센터는 시설물의 상태를 정확히 판단할 수 있는 진단 알고리즘과 원격에서 시설물에 적절한 상태를 유지할 수 있는 제어 정보를 송신하는 기술을 포함한다. 통합 관리 제어를 위해서는 제어 관리용 소프트웨어, 지능형 센서 지원 미들웨어, 센서 정보 보안인증 솔루션, 데이터 분석 솔루션 및 텔레메트릭스 응용 애플리케이션 등이 필요하다.⁶

3. IEEE 1451 기반 스마트 센서 시스템 설계

IEEE 1451 표준을 준수하는 텔레메트릭스를 위한 스마트 센서의 NCAP 기본 동작절차는 다음과 같다. 우선, NCAP은 STIM이 연결되기 전까지는 NSDET 핀을 지속적으로 모니터링 하면서 STIM이 연결되기를 기다린다. NSDET 핀이 감지되면 STIM에 전원(+5V)을 공급하고, 초기화 명령을 전송한다. 표준 명령어를 이용하여 STIM 초기화 명령을 전송한 후, 일정 시간 동안 STIM이 초기화되기를 기다린다. 그 시간이 경과되면 현재 연결된 STIM의 종류, 신호레벨, 센서범위, 샘플링 주기 등의 정보를 가지고 있는 TEDS를 읽어 와서 메모리에 저장하게 된다. 이후 NCAP은 TEDS의 정보를 바탕으로 샘플링 주기마다 triggering 해서 센서의 정보를 업데이트하고 네트워크로 전송하게 된다.

다음으로 IEEE 1451 표준을 준수하는 텔레메트릭스를 위한 스마트 센서의 STIM의 기본 동작절차는 다음과 같다. 우선 전원이 인가되면 NCAP으로부터 STIM 초기화 명령을 기다리게 된다. STIM 초기화 명령을 수신하면 STIM은 디바이스를 초기화하고 TEDS를 전송하기 위한 준비를 하게 된다. 명령을 기다리는 상태에서 표준에서 정하고 있는 특정명령을 수신하게 되면 해당 기능을 수행(Read Meta-TEDS, Read Data 등)하고 다시 명령을 대기하는 상태로 돌아가며, NTRIG 핀이 active 상태로 감지되면 트랜스듀서를 샘플링 해서 NCAP으로 전송하기 위한 준비를 한다. 이러한 NCAP과 STIM의 동작절차는 IEEE 1451.2 표준에서 정의하고 있는 TII의 규정을 준수하고 있으며, 이를 통해서 NCAP과 STIM의 독립적인 동작할 수 있다.

4. IEEE 1451 기반 스마트 센서 시스템 성능 평가

IEEE 1451 기반 ZigBee 스마트 센서 시스템의 성능을 평가하기 위하여 그림 1과 같은 가상의 텔레메트릭스 실험 환경을 구축하였다. 그림 1은 구축한 실험 환경을 나타내고 있다. 실험 환경은 NCAP과 STIM 구조로 구현된 4대의 IEEE 1451 기반 ZigBee 스마트 센서, 2대의 트래픽 발생 ZigBee 노드, 1대의 무선 노드 코디네이터(coordinator), 전송지연 측정 모듈로 구성되어 있다. 실험 환경에서 IEEE 1451 기반 ZigBee 스마트 센서는 Texas Instrument사의 CC2431EM 모델과 (주)오토닉스사의 디지털 압력 센서를 사용하였다. 네트워크 구조를 구성하는 무선 노드 코디네

이더는 Texas Instrument 사의 CC2431EM 모델을 사용하였다. 전송 지연 측정 노드는 AT90CAN MCU 를 사용하여 자체 제작하였으며, 스마트 센서에서 발생하는 IO 인터럽터를 이용하여 지연을 측정한다. 여기서, 전송 지연은 ZigBee 스마트 센서가 메시지를 전송하는 시점과 코디네이터에서 메시지를 수신할 때 각각 발생하는 IO 인터럽터 간의 시간의 차이로 정의한다. ZigBee 프로토콜의 전송 속도는 250Kbps 로 설정되었다.

그림 2 는 IEEE 1451 기반 ZigBee 스마트 센서 시스템의 전송 지연 실험결과를 나타내고 있다. 그림 2(a)에서, 하나의 ZigBee 노드 이용하여 메시지를 전송하는 경우에는 평균전송지연이 23.61msec 로 상당히 낮은 것을 확인하였다. 메시지를 3 개의 ZigBee 노드를 이용하여 전송하는 경우에도 평균전송지연이 124.63msec 로 낮은 것을 확인하였다. 텔레메트릭스에서 요구되는 전송 지연이 1 초이므로, 본 논문에서 제안한 IEEE 1451 기반 ZigBee 스마트 센서 시스템이 요구되는 성능 조건을 만족함을 확인하였다.⁷ 특히, ZigBee 스마트 센서의 안테나 출력을 실험 조건(-57.12dB)에서 정상적인 출력 조건(0dB)으로 할 경우 하나의 ZigBee 노드에서 다른 ZigBee 노드까지 전송거리가 약 100m 이상 증가하기 때문에 거리에 의한 전송 지연이나 설치의 문제점도 함께 해결될 수 있다는 장점을 가진다. 그림 2(b)에서, 하나의 ZigBee 노드 이용하여 메시지를 전송하는 경우에는 최대전송지연이 96.40msec 로 확인하고, 메시지를 3 개의 ZigBee 노드를 이용하여 전송하는 경우에도 최대전송지연이 248.30msec 로 확인하였다. ZigBee 무선 통신이 실험 환경에 의해 전송 지연의 차이가 발생하기 때문에 최대전송지연이 상대적으로 높은 값을 가진 것으로 판단된다. 최대전송지연이 평균전송지연보다 약 3 배 전후 증가하였지만, 텔레메트릭스에서 요구되는 전송지연 조건을 만족함을 확인하였다.

5. 결론

본 논문은 능동형 텔레메트릭스를 위하여 IEEE 1451 기반 스마트 센서를 제안하였다. 통신부는 무선 센서 네트워크에 사용되는 ZigBee를 기반으로 통신할 수 있도록 IEEE 1451.1을 기준으로 설계하고 센서부는 IEEE 1451.2 표준 인터페이스를 기준으로 설계하고 구현하였다. 또한, IEEE 1451 기반의 스마트 센서의 성능은 실험실 환경의 테스트베드에서 원거리의 스마트 센서가 계측한 정보를 제어 기지 역할의 스마트 센서의 노드 수에 따라 무선 통신으로 전송하는 최대 전송 지연, 평균 전송 지연과 plug-and-play 지연 시간으로 평가하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 본 논문에서 제안한 IEEE 1451 기반 ZigBee 스마트 센서 시스템은 텔레메트릭스 시스템에서 요구되는 전송지연 범위를 만족함을 확인하였다. 특히, 무선 네트워크의 트래픽 환경에서는 매우 우수한 전송 성능을 가짐을 확인하였다. 따라서, 본 논문에서 제안한 IEEE 1451 기반 ZigBee 스마트 센서 시스템을 적용함으로써 텔레메트릭스를 이용한 원격 모니터링 및 제어 기능을 우수하게 수행할 수 있음을 확인하였다.

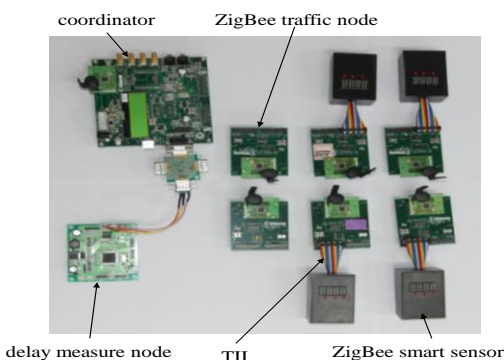


Fig. 1. Experimental testbed of IEEE 1451 based ZigBee smart sensor system.

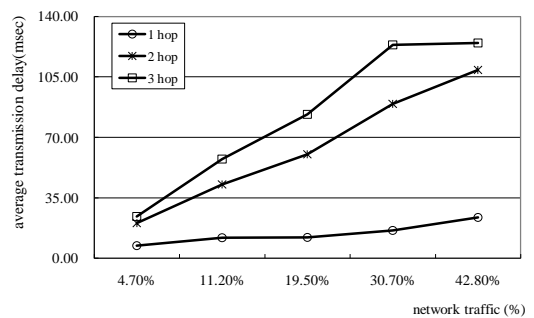
하지만, 본 연구는 몇 개의 ZigBee 노드를 이용하여 간단하게 구현된 실험 환경에서 제안된 시스템의 실현 가능성에 초점을 맞춰서 성능 평가를 수행하였다. 추가적으로 대규모의 텔레메트릭스 환경 조건에서 제안된 시스템의 성능을 검증하는 연구가 필요하다. 또한, IEEE 1451.0 표준에 맞는 스마트 센서 시스템의 설계에 대한 추가적인 연구도 필요하다.

후기

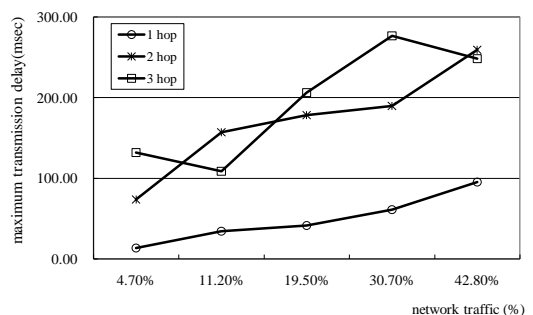
본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

1. 박승민, “센서 네트워크 노드 플랫폼 및 운영체제 기술동향,” 전자통신동향분석, vol. 21, no. 1, pp. 14-24, 2006.
2. 채동현, 한규호, 임경수, 안순신, “센서 네트워크의 개요 및 기술동향,” 정보과학회지, vol. 22, no. 12, pp. 5-12, 2004.
3. 김지홍, 이용일, 허혜선, 홍윤식, “텔레메트릭스 시스템에서 효과적인 센서 데이터 전송 방식,” 한국정보처리학회 2005년 춘계학술대회, pp. 1267-1270, 2005.
4. K. C. Lee, M. H. Kim, S. Lee and H. H. Lee, “IEEE-1451-based smart module for in-vehicle networking systems of intelligent vehicles,” IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 51, no. 6, pp. 1150-1158, 2002.
5. 이종갑, 김만호, 박지훈, 이석, 이경창, “차량 네트워크 시스템의 결합 허용을 위한 IEEE 1451 기반 중복 CAN 모듈의 구현,” 제어로봇시스템공학회 논문집, vol. 15, no. 7, pp. 753-759, 2009.
6. 이주연, 김동근, 신선우, “텔레메트릭스 산업 동향 및 활성화 방안,” 정보통신산업진흥원 주간기술동향, pp. 1-11, 2009.
7. <http://intelligriad.info>, IntelliGrid Architecture Environments.



(a) Average transmission delay



(b) Maximum transmission delay

Fig. 2. Transmission delay result of IEEE 1451 based ZigBee smart sensor system.