

I 2.1 .4를 이용한 네트워크의 무선 확장 및 성능 평가 Wireless Extension and Performance Evaluation of Network using I 2.1 .4

*이기철¹, 박지훈¹, 이경창², #이석³

*G. C. Lee¹, J. H. Park(network@pusan.ac.kr), K. C. Lee(gclee@pknu.ac.kr), S. Lee(slee@pusan.ac.kr)¹

¹ 부산대학교 지능기계공학과, ²부경대학교 제어계측공학과, ³부산대학교 기계공학부

Key words : CAN-802.15.4 Gateway, CAN, IEEE 802.15.4, Wireless fieldbus

1. 서론

최근 산업 현장은 보다 높은 생산성 및 안정적인 모니터링을 위해 많은 자동화 장치들이 도입되고 있다. 이러한 자동화 장치들은 고능률 및 고효율성, 다기능 요구에 따라 장착되어지는 센서나 액추에이터의 수가 급격히 증가하기 시작하였다. 이와 같은 자동화 장치들의 발전은 각 장치들 간의 정보 교환에 있어 배선 비용이나 복잡성이 증가되는 문제점이 있어 기존의 점대점 방식에서 벗어나 공유된 전송 매체를 사용하는 이른바 fieldbus를 사용하기에 이른다. Fieldbus는 점대점 연결 방식에 비하여 배선의 간소화 및 무게 감량, 그리고 용이한 유지·보수 및 확장성의 장점을 가지고 있기 때문에 공정 제어 분야 뿐만 아니라, 조립 생산 시스템이나 물류 자동화 시스템 등과 같은 다양한 분야로 확산되어 가는 추세이다.¹

그러나, fieldbus가 물류 자동화 시스템을 비롯한 동적(dynamic)인 시스템에 적용되면서 OHT(Overhead Hoist Transporter)와 같이 이동성을 갖춘 자동화 장치나 유선을 통한 배선이 어려운 곳에서는 기존의 유선을 통한 fieldbus는 한계를 가지게 되었다. 따라서, 이러한 문제점을 극복할 수 있는 무선 fieldbus의 필요성이 대두되었다.²

본 논문에서는 차량 네트워크(In-Vehicle Network)에서 널리 사용될 뿐만 아니라 그 안정성을 입증 받아 산업 자동화 프로토콜로 사용되고 있는 유선 프로토콜인 CAN(Controller Area Network)을 무선 저속 개인영역통신의 국제 표준인 IEEE 802.15.4로 확장하기 위한 gateway를 설계하고, 네트워크 전송 지연, 처리율과 같은 네트워크 성능 평가를 통해 산업 현장에서 적용될 수 있는 가능성을 제시하고자 한다.

2. I 2.1 .4 Overview

IEEE 802.15.4는 저속, 저가, 저전력을 목적으로 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineering)에서 2003년 국제 표준으로 제정된 LR-WPAN(Low-Rate Wireless Personal Area Network) 프로토콜이다. IEEE 802.15 task group은 개인이 활동할 수 있는 공간에서 사용할 수 있는 네트워크의 개발을 위해 결성되었으며, 대표적인 WPAN 프로토콜로는 IEEE 802.15.1 기반의 Bluetooth™ 기술이 있다. WPAN 프로토콜은 주로 데이터의 발생주기가 빈번하지 않고, 적은 데이터의 양을 전송하기에 적합한 형태로 개발되었으며 IEEE 802.15.4기반의 ZigBee 프로토콜도 위와 같은 용도에 적합하도록 개발되었다.³

IEEE 802.15.4의 물리적 계층은 유럽에서 사용되는 868 MHz와 미국에서 사용되는 915 MHz 및 그 외 지역을 위한 2.4GHz 대역을 위한 PHY로 구분할 수 있다. 868/915MHz PHY는 BPSK 변조방법에 의해 20kb/s와 40kb/s로 데이터 전송을 할 수 있으며 2.4GHz PHY는 O-QPSK 변조방법에 의해 250kb/s로 전송할 수 있다. 868/915MHz PHY는 주어진 물리적 영역에 대해서 노드 수를 줄이면서 상대적으로 보다 나은 sensitivity로 넓은 영역에 데이터를 전송할 수 있고, 2.4GHz PHY는 짧은 지연시간과 low-duty-cycle을 만족하면서 보다 많은 데이터를 처리하는데 사용된다.⁴

IEEE 802.15.4 MAC은 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 메커니즘을 통하여 채널에 접속하도록 되어 있다. CSMA/CA 메커니즘은 경쟁 접근 기간인 CAP(Contention Access Period) 안에 데이터나 MAC 명령 프레임은

전송하기 직전에 사용한다. 비컨 프레임과 알람 프레임 또는 CFP 구간 내에서의 데이터 전송에는 CSMA/CA 메커니즘이 적용되지 않는다. 만약 PAN에서 비컨을 사용한다면, MAC 부분 계층은 슈퍼 프레임의 경쟁 접근 기간(CAP)에서 슬롯 있는 버전의 CSMA/CA 알고리즘을 적용한다. 이 CSMA/CA 메커니즘은 백 오프 기간(backoff period)이라 불리는 시간 단위를 사용하며, 이 백 오프 횟수는 3회로 정해져 있다. 채널에 접속하는데 걸리는 시간(Channel Access Timing)은 식(1)과 같다.⁵

$$CAT = \text{InitialbackoffPeriod} + CCA = (2^{BE} - 1) \times \text{UnitBackoffPeriod} + CCA \quad (1)$$

3. gateway의 기능 정의

CAN의 IEEE 802.15.4 무선 확장을 위한 gateway는 통신 속도 및 통신 방식이 상이한 CAN 및 IEEE 802.15.4의 message들을 각각 수신하여 상대 네트워크로 송신하는 역할을 담당한다. 이에 gateway는 다음과 같은 기능들을 수행할 수 있어야 한다. 첫째, CAN은 message ID 기반이고, IEEE 802.15.4는 node address 기반이기 때문에 gateway는 CAN node 및 무선 node로부터 정보를 수신하여 이들을 연결 시켜줄 수 있는 mapping table을 구성하여야 한다. 둘째, gateway는 mapping table에 근거하여 각 네트워크에서 수신된 message를 선택적으로 상대 네트워크로 전송하여야 한다. 셋째, gateway는 각 네트워크에서 message를 수신하여 상대 네트워크로 message ID와 message를 payload시켜 포워딩 방식으로 전송할 수 있어야 한다. 넷째, gateway는 두 네트워크의 상이한 전송 속도에서 message의 overloading 또는 message의 손실을 최소화하기 위한 버퍼를 가지고 있어야 한다.

4. gateway의 설계 및 mapping table 생성 알고리즘

이와 같은 gateway의 기능을 만족시키기 위해 본 논문에서는 Fig. 1과 같이 CAN 네트워크를 담당하는 AT90CAN128과 IEEE 802.15.4를 담당하는 JN5121이 One-Borad에 들어갈 수 있게 설계하였다. 이 두 개의 controller는 SPI(Serial Peripheral Interface)를 통하여 서로의 데이터를 교환한다. 또한 controller들은 CAN과 IEEE 802.15.4 그리고, SPI 통신의 상이한 전송 속도를 극복하기 위한 환형 큐(Circular Queue) 버퍼를 가지고 있다. Fig. 2는 Gateway의 mapping table 작성 알고리즘을 나타내고 있다. Gateway는 association된 무선 node가 있으면, 최우선적으로 그 무선 node에게 자신이 필요로 하는 message ID list를 gateway로 전송하도록 요청한다. Gateway로부터 이러한 요청을 받은 무선 노드는 즉각 그 응답으로 자신이 필요로 하는 message ID list를

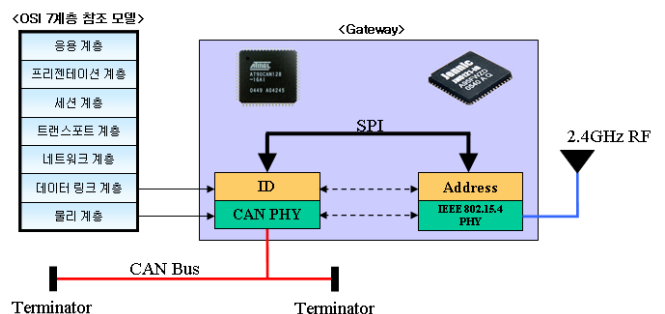


Fig. 1 Gateway Architecture

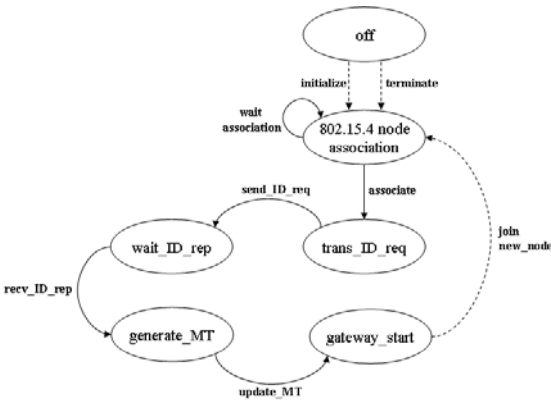


Fig. 2 Mapping table framing algorithm of gateway

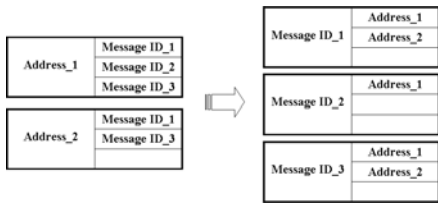


Fig. 3 Mapping table of gateway

gateway로 전송하게 된다. Gateway는 이러한 응답을 근거로 하여 CAN message ID와 무선 node 주소 간의 변환을 나타내는 mapping table을 작성 또는 업데이트하게 된다. Gateway는 mapping table을 작성 또는 업데이트 후 데이터 교환을 위한 기능을 정상적으로 수행하게 된다. 이후 gateway는 CAN message를 수신하였을 때, 이 mapping table을 참조하여 IEEE 802.15.4 frame으로의 변환에 필요한 무선 node address를 찾게 된다. Fig.3은 mapping table의 구성을 나타내고 있다. 각 무선 node로부터 수신되어진 message ID list 정보들은 message ID별로 무선 node의 address를 재구성하여 table화 된다.

. 성능 평가 및 결론

본 논문에서는 CAN의 IEEE 802.15.4로의 확장을 위해 설계한 gateway를 이용하여 평균 전송 지연 및 처리율을 평가하였다.

Fig. 4는 네트워크 실험 모델 및 평균 전송 지연과 전송률 측정 방법을 나타내고 있다. 4개의 무선 node가 gateway로부터 broadcasting 된 message를 수신하여 동시에 일정 주기마다 14byte의 message를 각각 250개씩 gateway로 송신하게 된다. 평균 전송 지연 측정을 위해 무선 node 1은 각 message 송신 때마다 시간 측정 node에게 송신 알림 신호와 해당 message의 순서 번호를 IO 포트를 이용하여 알려주게 된다. 또한, CAN node 1은 무선 node 1이 송신한 message를 수신하면 수신 알림 신호와 해당 message의 순서 번호를 IO 포트를 이용해서 시간 측정 node에게 알려준다. 시간 측정 node는 이러한 일련의 전송 알림 신호 및 송신 순서 번호, 수신 알림 신호, 수신 순서 번호를 이용하여 전송 지연 및 처리율을 측정하게 된다.

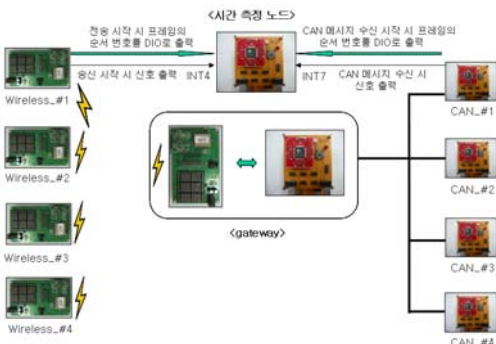


Fig. 4 Experimental setup of gateway

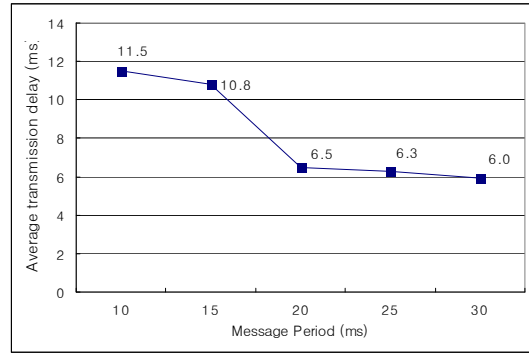


Fig. 5 Average transmission delay

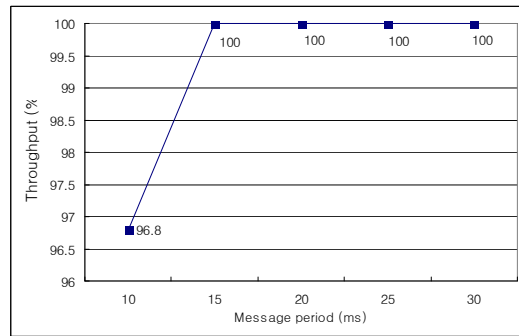


Fig. 6 Throughput

Fig. 5는 message의 전송 주기에 따른 평균 전송 지연을 나타내고 있다. 그림에서 message 발생 주기가 빈번해짐에 따라 평균 전송 지연이 증가하는 경향을 보이고 있는데, 이는 IEEE 802.15.4에서 사용하는 경쟁을 기반으로 하는 CSMA/CA의 특징으로 충돌이 발생하면 식(1)과 같이 지수적으로 전송 지연이 증가하기 때문이다. Fig. 6은 message 전송 주기에 따른 처리율을 나타내고 있다. Gateway 처리율은 IEEE 802.15.4의 처리율과 동일한 결과를 보여 주고 있으며, 이는 최대 3번의 재전송을 한 후에 전송에 실패한 message가 발생되고 있음을 보여준다.

본 논문에서는 CAN의 IEEE 802.15.4로의 확장을 위해 설계한 gateway를 이용하여 평균 전송 지연 및 처리율을 평가함으로써 산업 현장에서도 이용 가능성을 제시하였다. 향후 피드백시스템에 적합한 네트워크 성능 지표를 만족시킬 수 있도록 추가 연구가 필요할 것으로 보여진다.

참고문헌

1. 홍성수, “분산 실시간 제어 시스템의 개발,” 제어·자동화·시스템 공학회지, 제4권, 제 1호, pp. 33-38, 1998.
2. De Pellegrini, F., Miorandi, D., Vitturi, S., Zanella, A., “On the use of wireless networks at low level of factory automation systems,” Industrial Informatics, IEEE Transactions on Volume 2, Issue 2, pp. 129-143, May 2006.
3. Labiod, H., Afif, H., De Santis, C., "Wi-Fi™, Bluetooth™, ZigBee™ and WiMax™," Springer, p109-122, 2007
4. Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs)
5. 심재창, 김익동, “지그비 기술의 응용과 실습,” 홍릉과학출판사, p114-121, 2007