

디바이스넷 기반의 유무선 혼합형 게이트웨이의 성능 분석

Performance Analysis of Wired/Wireless gateway based on DeviceNet

정 지원*, 이승기**, 김동성*
Ji-won Jung, SeungKi Lee and Dong-Sung Kim

Abstract - This paper is concerned with a performance analysis using a wired/wireless gateway based on DeviceNet. For the performance analysis, the data transmission time between DeviceNet and the wireless devices is investigated and analyzed. The experimental results show the performance in terms of the polling/COS service time and end-to-end delay.

Key Words : Wired/Wireless gateway: DeviceNet: Bluetooth: Polling/COS service time: throughput: OPNET.

1. 서론

무선 통신 기술을 이용한 유무선 혼합형 필드버스 구조는 대부분 기존 필드버스에 데이터 링크 계층의 인터페이스를 수정하여 무선 통신의 필드버스 구조를 연결한다.

[1][2]에서는 공장 자동화 시스템의 필드 레벨에서 유무선 네트워크를 적용하기 위한 모델을 제시하고 있다. PROFIBUS 기반에서 IEEE 802.11과 Bluetooth을 적용한 것으로 무선의 재전송과 전송시간으로 인한 성능저하로 인해 실제 적용에는 문제점이 있다고 지적하고 있다.

본 논문에서는 디바이스넷용 연결 디바이스인 블루투스 게이트웨이와 RF 무선 게이트웨이를 이용하여 테스트-베드를 구성하여 디바이스넷 기반의 유무선 게이트웨이의 성능을 분석하고 사용 가능성을 알아본다.

2. 디바이스넷 기반의 유무선 장치

디바이스넷은 연결 기반 통신 모델을 사용한 마스터/슬레이브 관계를 기반의 간소화된 통신 구조를 제공한다. 이러한 통신 방법은 Predefined Master/ Slave 연결 서비스라고 정의하며, 이 방법을 통해 제어 애플리케이션에서 I/O 메시지들의 데이터 전송을 단순화하는 것이다. 이를 이용하여 센서/구동기는 전력 공급 시 미리 정의된 데이터 유형과 용량에 의해 자동으로 데이터 교환을 하도록 설계되었다.

유무선 게이트웨이의 성능 분석을 위해 Predefined Master/Slave 연결 서비스 중 폴링 서비스와 COS 서비스를 이용하였다. 디바이스넷의 Predefined Master/Slave 연결 서비스 중 폴링 서비스는 마스터와 슬레이브 간에 주기적으로 송수신되는 일반적인 서비스이고 COS (Change of State) 서

비스는 슬레이브에서 데이터가 발생 되었을 때 이를 마스터가 감지하기 위한 이벤트적인 서비스이다. 두가지의 연결 방식은 아래 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

그림 2는 성능분석에 적용된 무선 디바이스들을 나타낸다. 무선 게이트웨이는 디바이스넷 마스터와 무선 네트워크 간 전송되는 데이터를 변환하는 역할을 수행한다. 무선 게이트웨이의 데이터는 무선 I/O 슬레이브로 전송되며 무선 I/O 슬레이브는 근거리 영역 내에서 원격 모니터링을 제공한다.

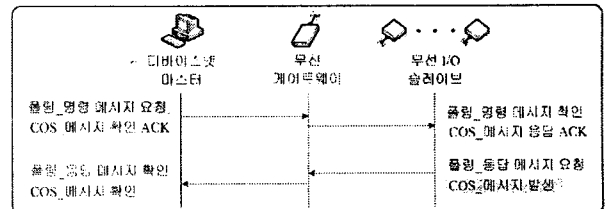
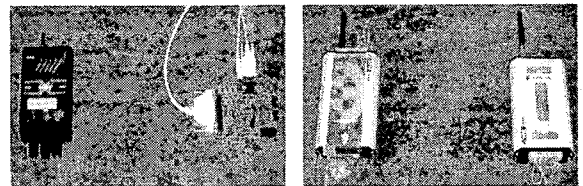
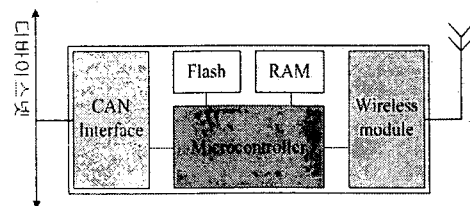


그림 1. 유무선 네트워크의 폴링/COS 서비스 과정.



(a) 블루투스 게이트웨이와 (b) RF 무선 게이트웨이와 I/O 슬레이브[3]. I/O 슬레이브[4].



(c) 무선 게이트웨이의 내부 구조.

그림 2. 무선 게이트웨이 및 구조.

저자 소개

- * 정지원 : 금오공과대학교 전자공학부 석사과정
- ** 이승기 : 포스콘 기술연구소 연구원
- * 김동성 : 금오공과대학교 전자공학부 조교수

3. 디바이스넷 기반 혼합형 장치의 전송시간 분석

혼합형 장치의 전송시간 분석을 위해 아래와 같은 식을 정의한다[5].

$$T_{D_B}^h = T_{D_B}^{dn} + T_{D_B}^{wl} \quad (1)$$

$$T_{D_E}^h = T_{D_E}^{dn} + T_{D_E}^{wl} \quad (2)$$

$T_{D_B}^h$ 와 $T_{D_E}^h$ 는 각각 블루투스 게이트웨이와 RF 무선 게이트웨이의 전송 시간이고, 유선과 무선의 전송시간으로 나타낼 수 있다. $T_{D_B}^{dn}$ 는 디바이스넷 마스터와 블루투스 게이트웨이 사이의 전송 시간이고, $T_{D_E}^{dn}$ 는 디바이스넷 마스터와 RF 무선 게이트웨이 간의 전송 시간이다. $T_{D_B}^{wl}$ 는 블루투스 게이트웨이와 I/O 슬레이브 간의 전송 시간이고, $T_{D_E}^{wl}$ 는 RF 무선 게이트웨이와 I/O 슬레이브들 간의 전송 시간이다.

폴링/COS 서비스의 시간은 그림 1의 서비스 과정을 참조하여 다음과 같이 계산할 수 있으며 예상되는 값을 얻을 수 있다. 각 값은 시간당 프레임의 비트로 구해냈다.

$$T_S^{dn} = T_D^{dn} \times 2 = 0.448 \text{ ms} \quad (3)$$

$$T_{S_B}^h = T_{D_B}^h \times 2 = 7.146 \text{ ms} \quad (4)$$

$$T_{S_E}^h = T_{D_E}^h \times 2 = 40.832 \text{ ms} \quad (5)$$

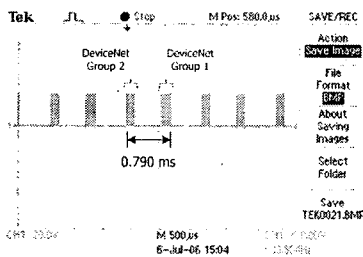
여기에서 T_S^{dn} 는 디바이스넷 모듈의 폴링/COS 서비스 시간이다. $T_{S_B}^h$ 는 블루투스 게이트웨이의 폴링/COS 서비스 시간이며 $T_{S_E}^h$ 는 RF 무선 게이트웨이의 폴링/COS 서비스 시간이다.

4. 실험 결과

무선 I/O 슬레이브가 연결된 블루투스 게이트웨이와 RF 무선 게이트웨이에서의 실험 결과를 설명한다.

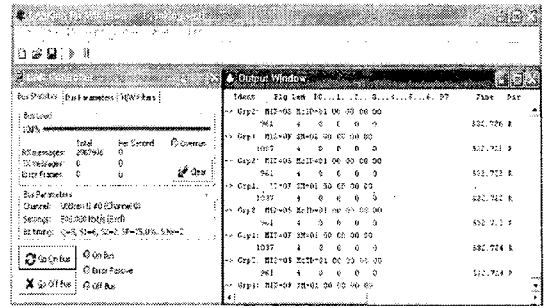
4.1. 블루투스 게이트웨이의 실험 결과

그림 3는 블루투스 게이트웨이를 이용한 유무선 네트워크의 데이터 전송 시간을 나타낸다.



(a) 폴링/COS 서비스 시간.

그림 4의 (a)에서 디바이스넷 마스터와 블루투스 게이트웨이 간 폴링/COS 서비스 시간의 실험값은 0.790 ms로 측정할 수 있다. (b)에서는 서비스의 명령 메시지 요청과 응답 메시지 확인을 나타낸다.



(b) 측정된 메시지.

그림 3. 블루투스 게이트웨이를 이용한 유무선 네트워크에서 측정된 서비스 시간과 메시지.

4.2. RF 무선 게이트웨이의 실험 결과

그림 5은 RF 무선 게이트웨이를 이용한 유무선 네트워크의 데이터 전송 시간을 나타낸다. 여기서 전송된 폴링/COS 서비스는 각 그룹 내에서 신호가 연속적으로 6번씩 반복하는 것을 나타낸다.

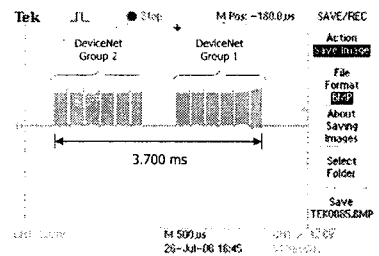


그림 4. RF 무선 게이트웨이를 이용한 유무선 네트워크에서 측정된 서비스 시간.

그림 5에서 서비스 시간의 실험값은 3.700 ms로 측정할 수 있다.

4.3. 실험값을 이용한 유무선 네트워크의 성능 분석

유무선 네트워크에서 폴링/COS 서비스 시간의 경우 디바이스넷 마스터에서 전송된 데이터 (명령 메시지 요청)가 무선 게이트웨이 (변환 시간, T_C^{wl})를 거쳐 무선 I/O 슬레이브 (명령 메시지 확인)까지 전달된다. 본 절에서는 그림 5에서 나타낸 것처럼 디바이스넷 마스터로 부터 동작이 발생하는 무선 I/O 슬레이브까지의 명령 메시지 요청에서 명령 메시지 확인까지의 중단 간 지연을 고려하여 성능을 분석하였다.

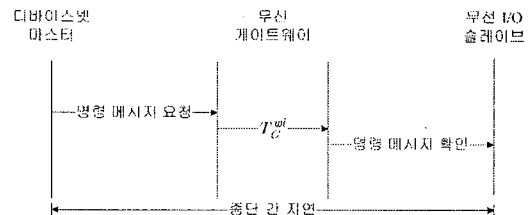


그림 5. 유무선 네트워크의 중단 간 지연.

그림 6은 각 네트워크의 중단 간 평균 지연을 나타낸 것으로서 블루투스의 피코넷 내에서 지원 가능한 슬레이브 7 개로 구성하여 실험하였다.

표 1은 유무선 네트워크의 디바이스넷 마스터 상에 하나의 슬레이브가 연결된 경우, 폴링/COS 서비스의 분석 값 및 폴링/COS 서비스 평균 시간 및 중단 간 평균 지연에 대한 실험값을 나타낸다.

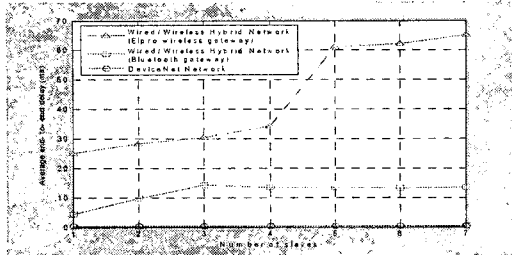


그림 6. 슬레이브 수에 따른 각 네트워크의 중단 간 평균 지연.

표 1. 유무선 네트워크의 데이터 전송 시간 비교 (단위: ms).

구성장치	전송 시간	실험값		
		계산값 폴링/COS 서비스 시간	폴링/COS 서비스 평균 시간	중단 간 평균 지연
디바이스넷		0.448	0.473	0.235
블루투스 게이트웨이		7.146	9.463	4.312
RF 무선 게이트웨이		40.832	54.742	25.127

디바이스넷의 폴링/COS 서비스 시간은 일반적으로 10 ms로 사용되는데, 표 1에서 디바이스넷의 폴링/COS 서비스 시간을 만족하는 것은 블루투스 게이트웨이를 이용한 유무선 네트워크만 포함된다. 반면에 RF 무선 게이트웨이를 이용한 유무선 네트워크의 폴링/COS 서비스 시간은 평균 데이터 전송 시간이 오래 걸리는 등 일반적인 폴링/COS 서비스 시간을 만족하지 못한다. 이와 같이 블루투스 게이트웨이를 이용한 유무선 네트워크가 확장형 필드버스로써 적합하다.

5. OPNET Modeler를 이용한 성능 분석

그림 7은 슬레이브 수를 증가시켰을 경우에 유무선 네트워크(RF 무선 게이트웨이)의 분석값과 OPNET 모의실험 실험값을 비교한 것이다.

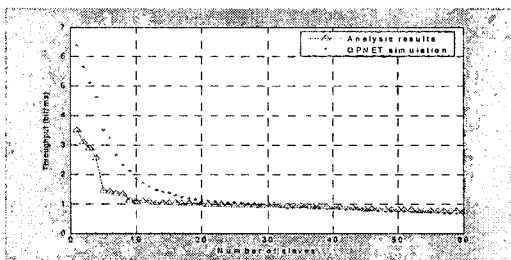


그림 7. 슬레이브 수를 증가시켰을 경우, 유무선 네트워크 (RF 무선 게이트웨이)의 분석 값과 OPNET 모의실험 실험 값을 비교한 것이다.

그림 8에서는 피코넷 수를 증가시킬 때 유무선 네트워크 (블루투스 게이트웨이)에 대한 실험 결과와 모의실험 결과를

비교한 것이다.

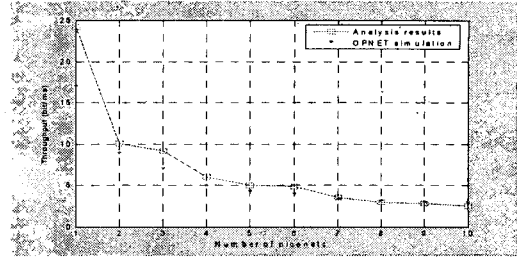


그림 8. 피코넷 수를 증가시켰을 경우, 유무선 네트워크 (블루투스 게이트웨이)의 분석 값과 OPNET 모의실험 값.

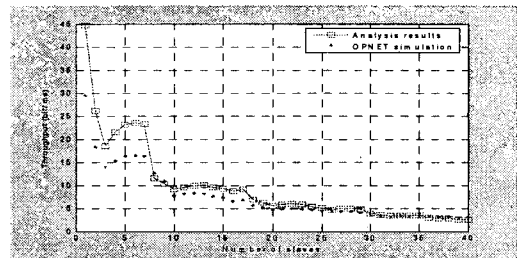


그림 9. 슬레이브 노드수를 증가시켰을 경우, 유무선 네트워크 (블루투스 게이트웨이)의 분석 값과 OPNET 모의실험 값.

그림 9은 슬레이브의 수를 증가시킬 경우에 유무선 네트워크(블루투스 게이트웨이)에 대한 실험 결과와 모의실험 결과를 비교한 것이다. 모의실험 결과가 실험과 모두 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

6. 결론

본 논문에서는 디바이스넷 마스터와 무선 디바이스들로 구성된 유무선 네트워크의 데이터 전송 시간에 대한 성능 분석을 하였다. 유무선 네트워크의 성능 분석을 하기 위해 테스트-베드를 구성하고, 폴링/COS 서비스 시간을 바탕으로 무선 게이트웨이를 이용한 유무선 네트워크의 폴링/COS 서비스 평균 시간과 중단 간 평균 지연을 측정하였다.

참 고 문 헌

- [1] Willig, A, "Investigations on MAC and Link Layer for a wireless PROFIBUS over IEEE 802.11," Ph. D's thesis, the Technical University Berlin, 2002.
- [2] D. Miorandi, S. Vitturi, "Hybrid wired/wireless implementations of Profibus DP: a feasibility study based on Ethernet and Bluetooth," Computer Communications, Vol. 27, Issue. 10, pp. 946-960, 2004.
- [3] HMS Industrial Networks, User Manual: AnyBus-X Bluetooth, Ver. 1.15, Sweden, 2003.
- [4] ELPRO technologies, User Manual: 105U-G Wireless Gateway, Ver. 1.16, Australia, 2004.
- [5] S.K.Lee and D-S.Kim, "Feasibility Analysis of Wired/Wireless Hybrid Industrial Network based on Control and Information Protocol", SICE-ICASE 2006.