

IEEE 802.15.4 기반의 WBAN에서의 공존성 문제 해결 방안

최종현[○] 김병선 조진성
 경희대학교 컴퓨터공학부

cpal0406@khu.ac.kr, ykbs0903@khu.ac.kr, chojs@khu.ac.kr

A preliminary study on coexistence problem for IEEE 802.15.4 based WBAN

Jonghyeon Choi[○] Byoungseon Kim Jinsung Cho
 Computer Engineering, Kyung Hee University

요 약

IEEE 802.15.4 기반의 WBAN(Wireless Body Area Network)은 저속, 저전력, 높은 데이터 신뢰성을 요구한다. 이러한 다수의 WBAN이 공존할 경우, 잦은 신호 간섭 및 충돌이 발생하여 데이터의 신뢰성을 저하시키는 주요 원인이 된다. 하지만 IEEE 802.15.4 표준은 공존성 문제에 대한 구체적인 해결방안을 제시하고 있지 않으며, WBAN의 요구사항 만족과 동시에 IEEE 802.15.4 프레임 구조에 호환성을 제공하는 연구는 미비한 상황이다. 본 논문은 IEEE 802.15.4 기반의 다중 WBAN 환경에서 발생할 수 있는 직접적인 성능저하 요소들을 파악하기 위해 실험 및 분석을 수행하였다. 또한, 분석 결과를 바탕으로 IEEE 802.15.4 기반의 WBAN 공존성 문제를 완화할 수 있는 방안을 제안하였다.

1. 서 론

WBAN(Wireless Body Area Networks)은 인체를 중심으로 3미터 이내의 무선 통신 기술을 의미하며, QoS(Quality of Service), 저전력, 저속과 이동성을 요구한다[1]. 이러한 WBAN 기기 간 상호호환을 용이하게 하기 위해 IEEE 802.15 Working Group은 2007년에 Task Group 6를 설립하여 WBAN 통신 표준화를 진행하였으며, 2012년에 표준화 작업을 완료하였다. 본 표준은 WBAN의 요구사항을 만족시킬 수 있는 다양한 PHY layer와 MAC layer를 정의하고 있다.

한편, IEEE 802.15.4 표준은 WPAN을 위한 낮은 복잡도, 저속, 저전력을 목적으로 다양한 분야에 활용될 수 있는 대표적인 통신 기술 중 하나이다[2]. 이러한 특징은 WBAN 요구조건에 높은 호환성을 제공할 수 있어 WBAN을 위한 통신 기술로도 활용되고 있다[3-5]. 하지만, IEEE 802.15.4 표준은 다수의 네트워크 공존 상황에 대한 해결 방안을 제시하고 있지 않기 때문에 IEEE 802.15.4 기반의 WBAN 공존 상황이 발생할 경우, 신호 간섭과 패킷 충돌로 인해 데이터 신뢰성이 저하되는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 공존성 문제에 대한 다양한 연구들이 진행되어 왔지만, 이러한 연구들은 대부분 IEEE 802.15.4 프레임 구조, 메시지 교환 정책 등에 호환성을 제공하지 못한다는 문제가 있다.

위와 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 IEEE 802.15.4 기반의 WBAN 공존성 문제를 해결할 수 있는 회피 기법을 제안한다. 이는 각 WBAN의 CFP 시작 시점 변경과 CFP 슬롯 내부의 Mini-slot 할당을 랜덤하게 수행함으로써 충돌을 회피하는 기법이다.

본 논문의 목적은 다음과 같다. 2장에서는 WBAN 공존

성 문제를 해결하기 위한 기존 연구에 대해 기술하며, 3장을 통해 WBAN 공존 상황에서의 성능저하 원인을 파악하기 위한 실험 및 분석을 수행한다. 분석 결과를 기반으로 4장에서는 이러한 문제들을 해결할 수 있는 방안을 제안하며, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

WBAN 공존성 문제를 해결하기 위해 IEEE 802.15.6 표준에서는 Beacon Shifting과 Channel Hopping, 그리고 Active-Superframe Interleaving을 제시하고 있다[1]. Beacon Shifting은 Beacon을 보내는 시점을 Beacon sequence에 따라 연속적으로 변경하면서 Beacon message의 충돌을 방지하기 위한 기법이다. Channel Hopping은 계산된 시퀀스에 따라 채널을 변경하는 기법이며, Active-Superframe Interleaving은 중첩된 2개의 WBAN이 서로 상호작용하여 충돌을 회피하며 순차적으로 통신하는 기법이다. 하지만 이러한 기법들이 사용되기 위한 프레임 구조는 IEEE 802.15.4 표준 프레임 구조와 다르기 때문에 적용에 어려움이 따른다.

WBAN의 공존 상황에서 충돌 발생 시 Coordinator의 모니터링 정보를 기반으로 Beacon 전송 시점을 변경하는 Beacon Replacement 기법이 있다[6]. 하지만, 이 기법은 WBAN의 Coordinator 간 데이터 교환 및 동기화가 필요로 하므로, Coordinator의 부담이 커지는 문제가 있다. 이외에 간섭을 완화하기 위해 TDMA 기반 WBAN간의 상호작용을 통해 전송 순서를 스케줄링하는 방안과[7] 경쟁 및 채널 센싱 기법을 Beacon에 적용하여 Beacon 충돌로 인한 Superframe 붕괴를 방지하는 방안이 있다[8].

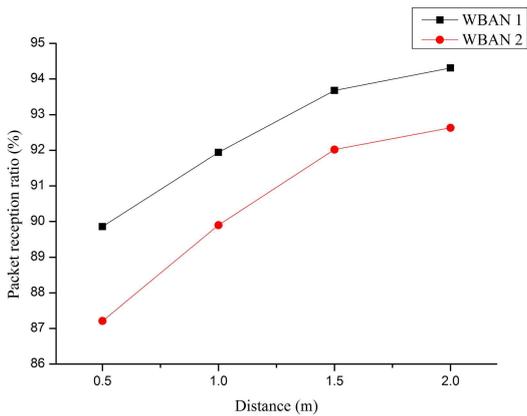


그림 1 두 WBAN 간 데이터 수신율

하지만 이러한 방안들은 IEEE 802.15.4 표준 기반의 WBAN에 호환성을 제공하기 어렵다는 단점이 있다.

3. 사전 실험 및 분석

본 장에서는 WBAN의 공존 상황에서 발생하는 문제를 파악하기 위한 실험 및 분석을 수행하였다. 실험노드는 한백전자에서 개발한 ZigbeX-II 모드를 사용한다.

먼저, 두 WBAN이 공존하는 상황에서 WBAN 간 거리에 따른 데이터 수신율을 측정하였다. 각 WBAN은 Non-beacon CAP(Contention Access Period) 모드를 기반으로 동작하며, 1개의 Coordinator와 30cm 거리를 둔 4개의 Sensors노드로 구성된다. 각 Sensor노드의 데이터 전송률은 14.4kbps로 설정하였다.

두 WBAN의 Coordinator를 기준으로 0.5m에서 2.0m까지 0.5m 간격으로 증가시키며 데이터 수신율을 10회씩 측정하였다.

그림 1은 앞서 말한 실험 환경에서의 측정 결과들의 평균을 나타낸다. 두 WBAN의 거리가 근접할수록 낮은 데이터 수신율을 보이고 있으며, 반면에 멀어질수록 수신율이 증가하는 결과를 보인다. 즉, WBAN의 중첩되는 범위가 커질수록 간섭 및 충돌로 인한 데이터 수신율이 감소한다는 것을 알 수 있다.

두 번째 실험은 표 1과 같이 중첩, 비중첩 상황에서 CAP와 CFP 전송 방식의 성능을 비교하는 실험을 진행하였다. 두 WBAN 사이의 거리는 Coordinator를 기준으로 1.5m로 고정하였다. 또한, 각 회당 300초의 실험시간으로 총 10회의 실험을 수행하였다.

그림 2는 측정 WBAN이 Non-beacon CAP 모드일 때, 중첩, 비중첩 상황의 데이터 수신율을 측정한 결과이다.

표 1 실험환경 구성

	실험1		실험2	
	중첩	비중첩	중첩	비중첩
간섭 WBAN	Non-beacon CAP	Non-beacon CAP	Non-beacon CAP	Non-beacon CAP
측정 WBAN	Non-beacon CAP	Non-beacon CAP	Beacon-enabled CFP	Beacon-enabled CFP

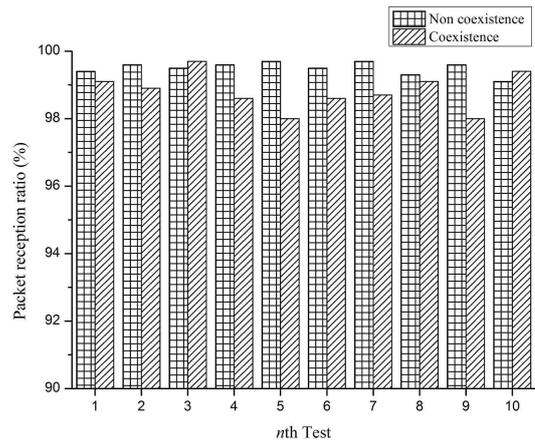


그림 2 Non-beacon CAP 모드 중첩 여부에 따른 데이터 수신율

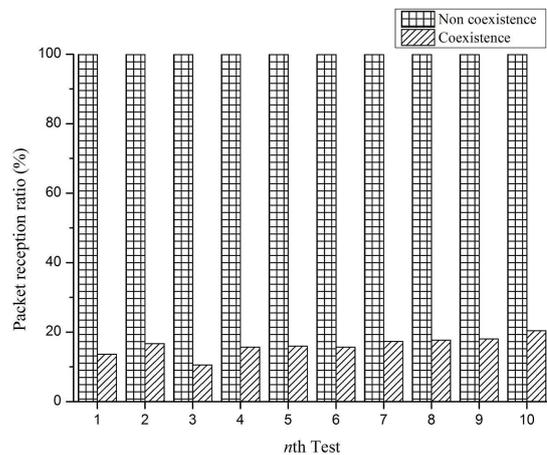


그림 3 Beacon-enabled CFP 모드 중첩 여부에 따른 데이터 수신율

중첩 상황에서 CAP모드는 소폭 감소된 성능을 보이고 있지만, 두 환경 모두 98% 이상의 높은 수신율을 유지하고 있었다. 이는 CAP에서 CSMA/CA를 통해 간섭 및 충돌을 회피할 수 있었기 때문이다.

그림 3은 측정 WBAN이 Beacon-enabled CFP 모드일 때, 중첩, 비중첩 상황에서의 측정 결과를 나타낸다. Beacon-enabled CFP 모드는 중첩된 상황에서 데이터 수신율의 감소를 확인할 수 있었다. 이러한 이유는 CAP모드와 달리 CFP모드는 일반적으로 간섭의 영향을 고려하지 않기 때문에 외부의 간섭 및 충돌에 영향을 많이 받기 때문이다.

위 두 실험을 통하여 두 WBAN 간 중첩은 간섭 및 충돌을 유발, 그로 인한 성능의 저하가 있음을 알 수 있었다. 또한, CSMA/CA를 사용하는 CAP는 중첩에 의한 영향이 크지 않은데 비해 단순히 슬롯을 할당받아 전송만 하는 CFP는 대부분의 데이터가 손실되는 점을 확인하였다. 이러한 특징을 기반으로 본 논문에서는 CFP를 충돌 및 간섭으로부터 회피시켜 성능 저하를 해결하기 위한 방안을 제안한다.

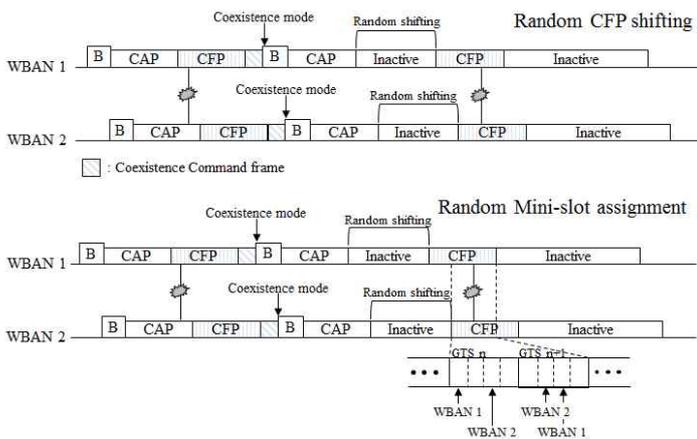


그림 4 Coexistence 모드 Superframe

4. 제안하는 다수의 WBAN 공존상황에서의 회피 기법

본 장에서는 WBAN 공존 상황에서의 데이터 신뢰성 보장을 위한 회피 기법을 제안한다. 본 기법은 Coexistence 모드와 Mode conversion을 사용한다.

먼저, 첫 번째 Coexistence 모드는 그림 4와 같이 랜덤 기반의 CFP shifting과 Mini-slot assignment 기법을 동시에 수행함으로써 공존 상황에서의 성능 저하를 완화한다. 공존하는 두 WBAN의 Active 구간 중, 간섭 및 충돌로 인한 성능 저하가 감지되었을 경우, CFP가 끝난 시점에서 Coordinator는 CC 프레임(Coexistence Command frame)을 각 Sensor 노드로 전송한다. CC 프레임은 Superframe이 Coexistence 모드로 전환되었음을 자신의 WBAN에 알리며, CFP 회피를 위한 Time seed 정보를 전송한다.

Coexistence 모드로 전환된 Superframe은 CFP의 시작 시점과 내부 구조가 변경된다. 먼저, Beacon 송수신 및 CAP를 수행한 뒤 Time seed 기반의 랜덤 시간만큼 Idle 상태가 되며, 그 뒤 CFP를 시작한다. 결과적으로 각 WBAN은 랜덤 시간만큼 CFP가 이동되어 시작하게 되고, 이는 CFP 중첩 확률을 감소시킨다. 이 때 CFP가 완료되는 시점은 Beacon Interval을 넘지 않아야 한다.

한편, CFP shifting의 shifting 값은 랜덤으로 정해지므로, CFP가 중첩되는 상황을 완전히 배제할 수 없다. 또한, Inactive 구간은 한정되어 있기 때문에 WBAN이 많아 질수록 효율이 떨어지는 문제점도 있다. 이러한 단점들을 보완하기 위해 Coordinator는 CFP내에 할당된 슬롯을 더 작은 Mini-slot으로 나누며, 나누어진 Mini-slot 중 랜덤으로 한 슬롯을 선택하여 자신이 속한 WBAN을 할당한다.

그러나 이 두 기법 모두 랜덤 기반으로 동작하기 때문에 여전히 간섭 및 충돌로 인한 성능 저하가 발생할 수 있다. 이러한 경우, 더 이상 랜덤 회피 기법으로는 성능 저하를 완화할 수 없다고 판단하여 CFP를 CAP로 전환하는 Mode conversion을 수행한다. CAP는 CSMA/CA를 사용하는 송수신 모드이므로 간섭 및 충돌에 강하며 앞서 실험한 결과에서도 CAP를 사용한 WBAN은 큰 성능저하

를 보이지 않았으므로, CFP를 CAP 모드로 전환하여 데이터 신뢰성을 보장할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구

IEEE 802.15.4 기반의 WBAN 공존 상황에서는 간섭 및 충돌로 인한 데이터의 신뢰성이 저하되는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 이러한 문제의 원인을 파악하기 위해 실험 환경을 구성하여 실험 및 분석을 수행하였고, 결과적으로 간섭 및 충돌로 인해 CFP에서 상당한 데이터 손실이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 기반으로 본 논문은 WBAN 공존 상황에서의 성능 저하를 해결할 수 있는 회피 기법을 제안하였다. 제안하는 기법의 동작은 크게 CFP Shifting 과 Mini-slot assignment 로 구성되며, 추가적으로 지속적인 성능 저하에 대처하기 위한 Mode conversion 동작을 지원한다. 향후 본 논문에서 제시한 방안을 보완하고, 실제 모트에 적용 및 실험을 진행할 예정이다.

참고 문헌

- [1] IEEE 802.15.6 Standard-2012, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks-Part 15.6: Wireless Body Area Networks", 2012
- [2] IEEE 802.15.4 Standard-2011, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks-Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)", 2011
- [3] Changle Li, Huan-Bang Li, Ryuji Kohno, "Performance Evaluation of IEEE 802.15.4 for Wireless Body Area Network(WBAN)", ICC Workshops, 1-5, 2009
- [4] Ullah S, Kyungsup Kwak, "Performance study of low-power MAC protocols for Wireless Body Area Networks", PIMRC Workshops, 112-116, 2010
- [5] Sarra E, Mounghla H, Benayoune S, Mehaoua A, "Coexistence improvement of wearable body area network WBAN in medical environment", ICC, 5694-5699, 2014
- [6] Deylami M, "A Distributed Scheme to Manage The Dynamic Coexistence of IEEE 802.15.4-Based Health Monitoring WBANs", IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, Vol.18, No. 1, 327-334, 2014
- [7] Mahapatro J, Misra S, Manjunatha M, Islam N, "Interference mitigation between WBAN equipped patients", WOCN, 1-5, 2012
- [8] Seungku Kim, Seokhwan Kim, Jin-Woo Kim and Doo-Seop Eom, "A Beacon Interval Shifting Scheme for Interference Mitigation in Body Area Networks", Sensors, 10930-10946, 2012