

WBAN 환경에서 주기적인 신호 특성을 활용한 저전력 비콘 수신 기법

강병철*, 김재석^o

Low Power Beacon Listening Scheme Using Periodic Signal Characteristic in WBAN

Byungcheol KANG*, Jaeseok KIM^o

요약

본 논문에서는 wireless body area network (WBAN)에서 주기적인 생체신호 모니터링을 위한 에너지 효율적인 비콘 수신 기법을 제안한다. 비콘 프레임의 데이터는 매우 낮은 주기로 변경되기 때문에 노드는 모든 비콘을 수신할 필요가 없다. 제안하는 기법은 주기적인 생체신호 모니터링을 위한 노드가 필요에 따라 비콘 수신을 위한 동작 상태를 결정한다. 이 기법은 WBAN에 적합한 표준인 IEEE 802.15.6과 호환된다. 실험결과는 제안 기법이 심전도 모델에서 표준방식과 비교하여 25%의 전력 감소효과를 보여주며 논 비콘 모드와 동일한 수준의 에너지 효율임을 보여준다.

Key Words : WSN, WBAN, MAC, low power consumption, beacon listening scheme

ABSTRACT

In this paper, we propose a new low power beacon listening scheme for periodic vital signal monitoring in wireless body area networks (WBANs). Because data of the beacon frame rarely change, the node does not need to wake up to receive all

beacon. The proposed scheme determines whether the node wakes up or not for beacon listening using the periodic properties of the target applications. The scheme is compatible with the IEEE 802.15 TG6 standard. The simulation results show that the power consumption of proposed scheme is similar with non beacon mode and 25% lower than the normal WBAN scheme at electrocardiogram.

I. 서론

모니터링 의료 기기 등에 무선통신 기술이 접목되며 큰 발전이 시작됐다. 블루투스 및 지그비와 같이 검증된 근거리 무선 센서 네트워크 시스템은 의료 목적에 활용할 수 있는 좋은 솔루션이다. 하지만 의료 목적 시스템에 적합한 무선통신 표준 IEEE 802.15.6이 새로 생겨났으며 이 표준은 인체 범위 내에서 활용하기 적합한 어플리케이션을 위한 요구사항들을 포함한다.^[1] 이는 의료목적에 위한 초저전력 및 높은 신뢰성을 얻는 것에 적합하다.

배터리 교체가 어려운 인체내장형 장치 등의 기기에서 에너지 효율은 가장 중요한 문제 중 하나다. 어떤 기기들은 수개월에서 수년간 작동해야 하기도 한다. 이를 위해 통신모듈은 불필요한 수신 및 오버헤드들을 줄이는 것은 매우 중요하다.^[2]

이를 위해 무선 센서 네트워크에서는 많은 저전력 기법들이 제안되어왔다.^[3-5] 적응형 낮은 오버헤드 시분할 다중 접속 동기화 알고리즘은 비콘 간격을 통해 클럭 동기화를 유지함으로써 대기 전력을 줄인다.^[3] 이 알고리즘은 비콘 수신을 위한 대기 시간을 줄이기 위해 제안되었다. 그러나, 이 알고리즘에서는 동기화 구간 동안 비콘 정보가 변경되면 새로운 비콘 수신을 위한 방법이 존재하지 않는다.

본 논문에서는 IEEE 802.15.6 표준과의 호환성을 제공하는 에너지 효율적인 비콘 수신 기법을 제안한다. 제안된 방식은 노드가 불필요한 비콘을 듣지 않고 새로운 정보를 포함한 비콘만을 수신함으로써 에너지 효율을 최적화한다.

II. 본론

* First Author : (ORCID:0000-0002-0135-9934)Yonsei University School of Electrical and Electronic Engineering, public@yonsei.ac.kr, 학생회원

^o Corresponding Author : (ORCID:0000-0002-2533-9292)Yonsei University School of Electrical and Electronic Engineering, jaekim@yonsei.ac.kr, 정회원

논문번호 : 201903-023-B-LU, Received March 18, 2019; Revised March 31, 2019; Accepted April 1, 2019

2.1 제안하는 비콘 수신 알고리즘

비콘은 각 슈퍼프레임(superframe) 주기마다 전송된다. 센터노드는 비콘을 통해 슈퍼프레임 길이 및 내부의 구간 길이를 조절할 수 있다.^[1,3] 노드는 목적에 맞는 전송 구간에서 데이터 전송을 할 수 있다. 본문에서는 예약된 주기적인 데이터 전송을 위한 managed access phase(MAP) 구간을 통해 전송이 이루어진다. 이 구간에서 노드들은 이미 할당된 구간에서 경쟁 없이 전송한다.^[1,3]

제안된 알고리즘에서는 기본적으로 자신의 데이터 전송 주기를 제외한 슈퍼프레임에서 유희상태를 유지한다. 데이터 전송 주기 때 센터노드로부터 전송되는 acknowledgement(ACK) 프레임은 노드가 비콘 수신을 위한 동작 상태 유지가 필요한 슈퍼프레임 주기를 포함한다. 노드는 이 슈퍼프레임 주기 때 동작 상태를 유지하여 새로운 정보의 비콘을 수신할 수 있다.

그림 1은 각 노드가 연속된 슈퍼프레임 주기에서 제안 기법에서 동작 상태와 유희 상태의 전환 과정을 묘사한다. 센터노드는 슈퍼프레임의 첫 번째 슬롯에서 비콘을 전송한다. 센터노드는 4번째 슈퍼프레임 주기 때 비콘 정보 업데이트를 노드들에게 알리기 시작한다. 센터노드는 첫 슈퍼프레임 구간에서 노드 1, 다음 구간에서 노드 2, 두 구간 후에 노드 3에게 ACK을 통해 알려준다. 3개의 슈퍼프레임 구간 후에 모든 노드는 비콘을 수신하기 위해 동작 상태를 유지한다. 이러한 방식으로 전체 동작 상태를 줄여 전력 효율을 향상한다.

제안 기법은 이 기법을 적용하지 않는 노드와 호환성을 제공한다. 이 기법을 제어하기 위해 헤더의 보류

비트를 할당된다.^[1] 이 기법을 지원하지 않는 기존 시스템의 노드의 경우 이 비트는 보류 비트이므로 무시되며 모든 비콘을 수신한다. 이러한 방식으로 기존의 WBAN과 호환성은 유지된다.

2.2 제안 기법의 부작용 가능성

제안 기법은 모든 비콘 프레임을 수신하지 않기 때문에 부작용이 발생할 수 있다. 슬롯 동기화는 종래의 WBAN 노드에서 모든 슈퍼프레임 동안 비콘을 수신함으로써 유지한다.^[3] 그러나 제안 기법에서는 센터노드가 비콘 수신을 요청할 때까지 노드는 유희 상태를 유지하기 때문에 슬롯 동기화를 위한 다른 대안이 필요하다. 노드가 재동기화의 필요 전에 통과할 수 있는 최대 사이클(N_R)의 수는 다음과 같이 계산된다 :

$$N_R = \frac{T_g}{T_{frame}\theta} \tag{1}$$

T_g 는 슬롯 가드 시간, T_{frame} 는 프레임 전송 시간이며 θ 는 클럭 정확도를 나타낸다.^[3] 따라서 데이터 전송 주기가 N_R 보다 짧은 노드는 비콘 대신에 immediate ACK(I-ACK)으로 슬롯 동기화를 유지하도록 한다. 데이터 전송 주기가 N_R 보다 긴 노드는 동기화 기간이 N_R 을 초과하기 전에 동작 상태로 전환하여 비콘을 수신할 수 있다. 노드는 동기주기가 N_R 을 초과하기 전에 자기 자신을 동기화하기 위해 비콘을 수신하기 위해 동작 상태로 전환한다. 제안 기법에서는 이러한 방식으로 슬롯 동기화 문제를 해결한다.

일반 WBAN 시스템에서 비콘 수신 확률은 오직 해당 비콘 수신 확률로 결정된다. 그러나 제안 기법에서 비콘 수신 확률은 데이터 패킷, ACK 패킷과 비콘 수신 확률들에 의해 결정된다. 따라서 제안 기법에서 필요한 비콘 수신 확률은 일반 WBAN 시스템보다 낮아지게 된다. 이로 인해 네트워크 재연결 프로세스가 발생하여 전력 소비가 증가시킨다.^[1] 이에 따른 영향은 다음 장의 실험을 통해 분석한다.

III. 실험

본 장의 실험은 WBAN에서 사용되는 심전도 모델을 트래픽 모델을 기준으로 수행되었다. 심전도의 권장 샘플링 속도 200Mhz에 맞춰 주기적인 데이터를 생성한다.^[6] 한 슈퍼프레임의 길이는 200ms로 가정되며, 수집 데이터를 한 패킷으로 전송한다.

예약된 트래픽은 비콘 모드의 MAP 구간에서 처리

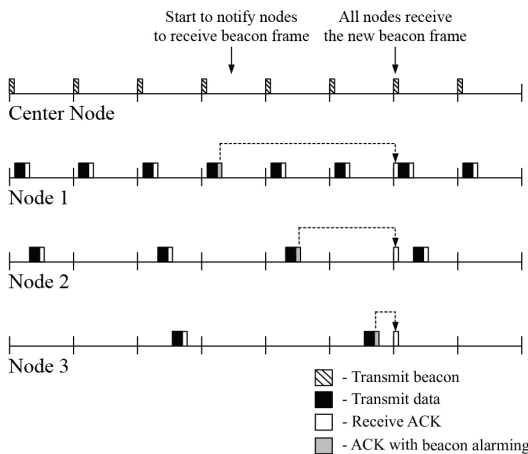


그림 1. 제안하는 비콘 수신 기법
Fig. 1. Proposed beacon listening scheme

표 1. 실험 변수 목록
Table 1. Simulation parameter list

Parameter	Value
Beacon packet size	29 bytes
ACK packet size	9 bytes
ACK packet size at proposed scheme	10 bytes
associationRequest packet size	39 bytes
associationAssignment packet size	40 bytes
Data rate	50 kbps
Operation voltage	1 V
tx current	3 mA
rx current	2.7 mA
Sleep current	0.07 mA

되는 반면 비상 트래픽 또는 온디맨드 트래픽은 random access phase(RAP) 구간에서 전송된다.^[1] 두 종류의 트래픽은 다른 구간에서 처리되기 때문에 상호 독립적이다. 제안하는 기법은 주기적인 트래픽을 위한 알고리즘으로 본 실험에서는 비주기적 트래픽을 고려하지 않아도 된다. 실험에 사용된 변수들은 표1.을 참조한다.^[1,4]

그림 2는 논 비콘 모드, 일반 비콘 모드 및 제안 기법을 사용한 비콘 모드에서 패킷 오류율에 따른 단일 노드의 전력 소모량을 보여준다. 제안 기법이 일반 비콘 모드보다 약 25%의 전력감소 효과를 보여준다. 또한, 제안 기법을 사용하는 비콘 모드는 논 비콘 모드와 유사한 수준의 전력 효율을 보여줄 수 있다.

제안 기법에서 비콘 수신 확률은 일반 비콘 모드보

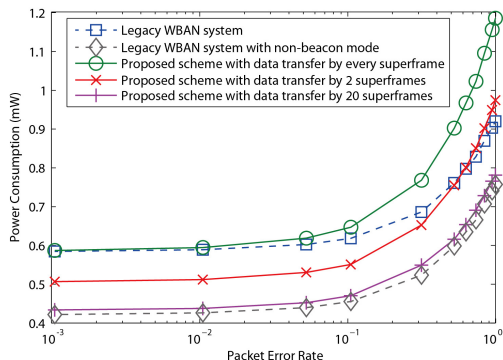


그림 2. 패킷에러율과 데이터 전송주기에 따른 전력 소모 비교
Fig. 2. Power consumption comparison according to PER and data transfer period

다 낮으므로 packet error rate(PER)이 높을 때 제안 기법을 이용한 비콘 모드의 전력 효율이 저하가 더 가파른 것을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 WBAN 시스템에서 주기적인 신호 모니터링에 적합한 에너지 효율적인 비콘 수신 기법을 제안했다. 제안 기법은 노드의 불필요한 비콘 수신을 줄여 유휴 상태를 증가시킨다. 제안 기법은 기존의 WBAN 시스템과의 호환성을 제공한다.

실험결과는 심전도 측정 모델에서 제안 기법이 기존 방식 대비 약 25%의 전력 소비를 감소시킬 수 있음을 보여준다.

References

- [1] IEEE Standard Association, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks - Part 15.6: Wireless Body Area Networks," IEEE Std 802.15.6, Feb. 2012.
- [2] W. Choi and J. Kim, "A study for co-channel interference cancelation algorithm with channel estimation for WBAN system application," *J. KICS*, vol. 37, no. 6, pp. 476-482, Jun. 2012.
- [3] S. J. Marinkovic, E. M. Popovici, C. Spagnol, S. Faul, and W. P. Marnane, "Energy-efficient low duty cycle MAC protocol for wireless body area networks," in *IEEE Trans. Inf. Technol. in Biomed.*, vol. 13, no. 6, pp. 915-925, Nov. 2009.
- [4] O. Omei, A. Wong, A. J. Burdett, and C. Toumazou, "Energy efficient medium access protocol for Wireless Medical Body Area sensor networks," *IEEE Trans. Biomed. Cir. Syst.*, vol. 2, no. 4, pp. 251-259, Dec. 2008.
- [5] J. Kim, C. Hong, and S. Choi, "Traffic adaptive transmission algorithm for energy efficiency in WBAN," *J. KICS*, vol. 38B, no. 5, pp. 315-327, May 2013.
- [6] K. Wong, "Real-time heart rate variability detection on sensor node," *2009 IEEE Sensors Applications Symp.*, New Orleans, LA, pp. 184-187, 2009.