

IEEE 802.15.6 기반 CSMA/CA 성능 향상에 관한 연구

이정재* · 김인환**

A Study on the CSMA/CA Performance Improvement based IEEE 802.15.6

Jung-Jae Lee* · Ihn-Hwan Kim**

요 약

WBAN을 위한 MAC 프로토콜은 의료용 센서 노드의 가변적인 데이터를 효율적으로 처리하기 위해서 응급 상황에서 발생하는 트래픽을 가장 높은 우선순위로 처리하는 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 알고리즘을 수행하게 된다. 노드가 전송하는 응급 메시지는 충돌이 발생하게 되고 응급 메시지 재전송으로 인한 전송 지연이 발생할 수 있으며 재전송으로 인한 에너지 낭비를 가져올 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 개선하기 위해서 우선순위 큐잉을 적용한 CSMA/CA 알고리즘의 경우 MAC 명령어 프레임과 데이터 프레임의 우선순위를 정하여 서로 다른 백오프 파라미터를 적용하고 충돌로 인한 프레임 손실을 최소화하는 알고리즘을 제안하였다. 성능평가 결과 제안한 MAC 프로토콜을 사용했을 때가 IEEE 802.15.6을 사용했을 때 보다 충돌 확률이 감소하여 패킷 전송 처리율이 증가하고 패킷 손실량이 감소함을 보였다.

ABSTRACT

MAC protocol for WBAN performs CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) algorithm that handles traffic which occurs in emergency with top priority in order to deal with variable data of sensor node for medicine. Emergency message that node sends undergoes collision and delay of transmission by retransmission of emergency message and waste of energy by retransmission. This paper suggests algorithm that minimizes loss of frame caused by collision and applies different backoff parameters by setting order of priority between MAC instruction frame and data frame in CSMA/CA algorithm case which applies order of priority queuing to improve aforementioned problem. According to performance evaluation, it has been found that using suggested MAC protocol showed lower collision probability, higher packet transmission processing ratio and lower packet loss compared with using IEEE 802.15.6.

키워드

WBAN, CSMA/CA

무선 인체 네트워크, 매체 감지 다중 접근 / 충돌 회피

1. 서 론

최근 인구 고령화 사회가 급속히 진행하면서 성인의 질병 증가로 인해 개인의 삶의 질을 케어하기 위한 모바일 환경에서 건강을 관리하는 기술이 필요하게 되

었다. 원격진료나 환자상태 모니터링 등의 모바일 헬스케어는 생체신호, 자동진단, 응급경보등이 가능한 무선체계측시스템과 스마트폰과 태블릿 PC등을 유기적으로 연결하여 유비쿼터스-헬스케어를 위한 의료용 서비스를 지원하기 위한 기술로 WBAN(Wireless

* 송원대학교 컴퓨터정보학과(jjalee@songwon.ac.kr) · Received : Oct. 02, 2015, Revised : Nov. 13, 2015, Accepted : Nov. 23, 2015
 ** 교신저자 : 송원대학교 전기전자공학과 · Corresponding author : Ihn-Hwan Kim
 Dept. of Electrical and Electronics Engineering, Songwon University
 Email : kihw@sonwon.ac.kr
 • 접수일 : 2015. 10. 02
 • 수정완료일 : 2015. 11. 13
 • 게재확정일 : 2015. 11. 23

Body Area Network)이 필요하게 되었다[1-2].

WBAN은 인체 내부에 이식(Implant), 피부표면(Wearable), 인체외부(Out-body)에 위치한 인체를 중심으로 2~3m 이내에서의 존재하는 의료기기 및 환자용 전자제품(Consumer Electronics)에 위치하여 통신을 수행하는 WPAN의 차세대 무선통신기술이다[3-4].

WBAN은 코디네이터의 역할을 하는 허브와 인체 내·외부에 위치하여 생체정보를 수집하는 노드, 원거리의 헬스케어 개인 디바이스들로 부터 다양한 유비쿼터스 헬스케어 서비스를 제공한다.

IEEE 802.15.6 프로토콜에서는 저전력 요구사항을 만족하면서 의료용 센서노드와 배타적 접근구간을 이용해 주기적인 데이터와 응급 메시지 전송을 효율적으로 처리하기 위한 슈퍼프레임구조를 가지며 임의접근 구간에서는 백오프 파라미터를 우선순위에 따라 다르게 적용하는 CSMA/CA 알고리즘으로 데이터를 전송한다. 응급메시지를 전송하는 경우 백오프 파라미터를 다르게 적용하여 우선순위를 높게 부여하고 CSMA/CA 알고리즘을 통해 데이터를 전송한다. 우선순위가 높은 데이터 전송의 경우 감지한 노드들이 동시에 데이터를 전송하더라도 우선순위가 높은 노드가 경쟁노드들을 차지하게 되므로 우선순위가 낮은 노드들은 슬롯할당 기회가 줄어드는 문제점이 있다[5-6].

모바일 WBAN은 이용자그룹단위의 이동성이 있고 이용자를 중심으로 구성된 WBAN은 이동중에 인접한 다른 WBAN을 구성하게 되어 노드들이 보내는 데이터들이 충돌할 가능성이 있어 이식형 디바이스의 경우 데이터 재전송으로 인한 배터리 충전 및 교환이 쉽지 않아 에너지 낭비를 막기 위한 저전력 소비(low-power consumption)가 필수적이라 할 수 있다 [7-8].

TDMA(: Time Division Multiple Access)프로토콜의 경우 채널을 고정 혹은 가변적인 타임 슬롯으로 분류하여 이 슬롯들은 노드들에게 할당되고, 각 노드는 슬롯주기 동안에 전송하기 때문에 에너지 절약적인 프로토콜로 동기화를 자주 해주어야 하고 이들에 소비되는 에너지-저전력 MAC 프로토콜개발은 지난 수년간 지속적으로 연구가 계속되고 있다[9-11].

따라서 IEEE 802.15.6의 문제점인 일반적인 상황에서 배타접근구간의 유희슬롯문제, 우선순위가 동일한 경우의 슬롯 경쟁문제를 해결하고, 모바일 헬스케어 환경의 WBAN을 지원하기 위해서는 데이터 프레임이 많아

질 경우를 고려해 채널효율을 증가시키는 에너지 저전력의 새로운 MAC 프로토콜이 필요하다. 본 논문에서는 유희슬롯문제와 우선순위가 높은 노드가 슬롯을 독점하는 문제를 해결하기 위해 슬롯이 쉬고 있을 때 다른 노드가 경쟁을 통해 데이터를 전송하는 경쟁접근구간으로 나누어 다수의 노드들이 슬롯을 점유하기 위해 경쟁을 하는 과정에서 발생하는 전송지연과 에너지 소모를 해결하기 위한 향상된 CSMA/CA MAC 알고리즘을 제안하고자 한다. I장에서는 서론에 이어 II장에서는 관련연구에 대해 기술하고 III장에서는 제안된 CSMA/CA에 대하여 설명하고 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 관련연구

2.1 IEEE 802.15.6 MAC

WBAN 의료 응용에서 EEG, ECG, 혈압분석등은 실시간 낮은 전송률로 처리가 가능하며 의료관리자, 트래픽제어 이상경보등의 데이터 처리는 최적의 낮은 데이터 전송률로 가능하고, EMG나 내시경등의 데이터는 실시간 고속 데이터 전송율이 필요하게 된다. WBAN은 인체내외부의 영역에서 다양한 특징을 가진 디바이스들과 스타 토폴로지나 P2P 토폴로지가 주로 사용되며 보통 6개의 센서노드가 하나의 네트워크를 이루며 최대 256개 까지 확장가능하다. QoS를 보장하기 위한 지연시간은 125 ms이내, 비의료서비스가 250 ms이내, 지연편차가 50 ms 이내이며 의료서비스는 1m이내의 전송을 지원한다. 응용 디바이스간에 유연성과 저전력 설계를 위해서는 다음 표 1과 같은 요구사항을 만족해야 한다.

2.2 IEEE 802.15.6 MAC 슈퍼프레임

IEEE 802.15.6의 노드는 한 두 개의 홉 스타 WBAN으로 구성되며 단일 코디네이터 또는 홉은 WBAN의 각 동작을 제어한다. 비컨모드의 슈퍼프레임은 CSMA/CA를 사용하고 허브는 액티브 기간에 슈퍼프레임을 전송한다. IEEE 802.15.6 MAC 은 저계산비용, 신뢰적인 서비스, 저전력에 초점이 맞추어져 있다. 이는 다양한 응용서비스를 지원하기 위해 슈퍼프레임 경계를 가진 비컨모드, 슈퍼프레임의 경계가 없는 비 비컨모드로 구성된다. 그림 1은 슈퍼프레임 경계를 가진 비컨모드에서 슈퍼프레임 구조이다.

표 1. IEEE 802.15.6 요구사항
Table 1. IEEE 802.15.6 Specification

Application	Target data rate	Latterency	BER
Drug Delivery	< 16 kbps	< 259 ms	< 10 ⁻¹⁰
Deep Brain Stimulation	< 320 kbps	< 250 ms	< 10 ⁻¹⁰
Capsule Endoscope	1 Mbps	-	< 10 ⁻¹⁰
ECG	192 kbps (6 kbps, 32channels)	< 250 ms	< 10 ⁻¹⁰
EEG	86.4 kbps (300Hz sample, 24 channels)	< 250 ms	< 10 ⁻¹⁰
EMG	1536 kbps (8 kHz sample, 12 channels)	< 250 ms	< 10 ⁻¹⁰
Glucose level monitor	< 1kbps	< 250 ms	< 10 ⁻¹⁰
Audio	1 Mbps	< 20 ms	< 10 ⁻¹⁰
Video, Medical imaging	< 10 Mbps	< 100 ms	< 10 ⁻¹⁰
Voice	50-100 kbps per flow	< 10 ms	< 10 ⁻¹⁰

B1은 첫번째 비컨(Beacon)을 의미하며 비컨은 슈퍼프레임 배타접근구간 1(EAP 1:Exclusve Access Phase 1), 랜덤접근구간 1(RAP 1:Random Access Phase 1), 관리접근구간 1(MAP 1:Managed Access Phase 1), 배타접근구간 2(EAP 2:Exclusve Access Phase 2), 랜덤접근구간 2(RAP 2:Random Access Phase 2), 관리접근구간 2(MAP 2:Managed Access Phase 2), 경쟁접근구간(CAP:Contention Access Phase)으로 분할된다. 배타접근구간은 응급 데이터 및 인체내 이식된 노드에서 발생하는 데이터와 같이 높은 우선순위를 가진 데이터가 접근하는 구간이다.

랜덤접근구간은 모든 데이터가 접근할 수 있는 구간으로 우선순위가 낮은 데이터가 접근할 수 있는 구간이

다. 경쟁접근구간은 두 번째 비컨이 접근할 수 있는 추가된 구간으로 비 반복적 트래픽에 사용되며 이 구간의 길이를 0로 하려면 두 번째 비컨을 전송하지 않으면 된다. 관리접근구간은 데이터의 즉각적인 접근, 계획접근, 비계획 접근을 허용하는 구간이다. 센서노드의 주기적인 전송 또는 폴링과 같은 비계획 접근방식을 제공하기 위해 허브는 센서노드가 요청된 수신대기 시간만큼 관리 접근구간을 구성한다. 그림 2는 IEEE 802.15.6 MAC 프레임의 구조와 비컨모드를 나타내고 있다.

IEEE 802.15.6는 표와 같이 데이터 프레임에 포함되어 있는 트래픽의 우선순위에 따라 프레임을 처리한다. 활성 모드이고, 한 개의 슈퍼프레임은 경쟁 접근 주기를 갖고 슬롯 CSMA/CA 기법이 적용된다.

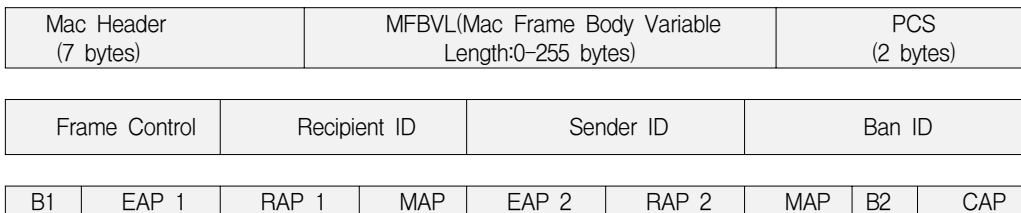


그림 1. IEEE802.15.6 슈퍼프레임
Fig. 1 Superframe of IEEE 802.15.6

III. 제안된 CSMA/CA

기존의 IEEE 802.15.4에서 경쟁구간의 성능향상을 위해 IEEE 802.15.4에서 제시한 CSMA/CA 알고리즘의 성능분석, 트래픽상태 및 사용자 우선순위에 따라 백오프 파라미터를 다르게 적용하는 방법, CSMA/CA 알고리즘에 있어서 우선순위 큐잉[12]을 유연하게 적용하는 방법등에 대한 연구가 다양하게 진행되어 왔다. IEEE 802.15.4표준에 명시된 슬롯화된 CSMA/CA 알고리즘은 모든 MAC프레임에 동일한 백오프 파라미터를 적용하였다.

응급데이터를 제외하고 일반적인 데이터는 QoS를 보장하기 위해서는 주로 GTS를 이용해 전송을 하며 GTS를 할당 받기 위한 MAC 명령어가 우선적으로 처리되어야 한다. 기존의 연구에서 대규모 센서네트워크에서 프레임 증가시 평균지연과 관계는 macMinBE와 독립적이며, 소규모의 센서 네트워크의 경우 CSMA/CA 알고리즘의 영향을 받기 때문에 macMinBE의 값에 따라서 데이터 전송 확률이 증가한다는 것을 보여 주었다[13].

WBAN은 주기적인 데이터전송을 하기 때문에 센서 네트워크보다 트래픽양은 많을 수 있고 트래픽양이 버스트하게 변화하지 않기 때문에 동적 CSMA/CA 알고리즘은 WBAN에 적용하기에는 적합하지 않는다. WBAN 환경에서는 인체 응급 데이터를 다루기 때문에 경쟁구간에서도 모든 장치의 전송을 보장해야 하므로 상이한 데이터 전송률을 보장해야 한다.

이러한 전송률을 보장하기 위해 MAC 명령어 프레임 전송하는 우선순위 큐와 데이터 프레임 전송하는 비우선순위 큐를 배정하여 MAC 명령어와 응급 데이터는 높은 우선순위를 배정하여 경쟁구간에서도 채널접근을 높이는 그림 2과 같은 CSMA/CA와 같은 알고리즘을 제안하였다.

제안된 알고리즘은 다양한 의료용 장치의 전송률을 지원하면서 MAC명령어와 같은 응급 데이터는 먼저 처리하여 데이터 전송을 보장받는 알고리즘으로 WBAN이 요구한 전송지연 내에서 경쟁구간내에서 데이터 전송 처리량의 향상을 가져온다.

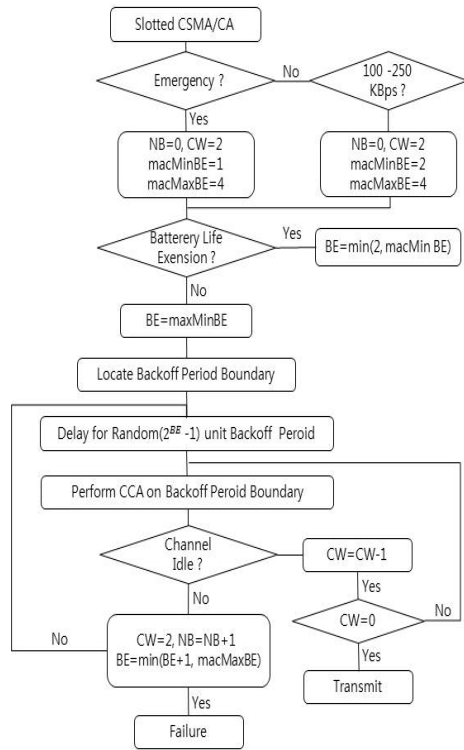


그림 2. WBAN을 위한 제안된 CSMA/CA
Fig. 2. Proposed CSMA/CA For WBAN.

IV. 실험결과

제안한 WBAN 시스템 성능을 평가하기 위해 OMNeT++를 이용하여 다양한 무선채널접근을 허용한다. 저속 WBAN의 경우 'ZigBeeMAC'을 선택하여 성능평가를 하였고 경쟁구간의 CSMA/CA 알고리즘의 타당성을 확인하기 위해 동일한 환경에서 노드의 전송률을 변화시키면서 실험을 하였다. 제안한 WBAN은 단일 홉 기반의 성형 토폴로지를 사용하였으며 통신거리는 8m이내이고 측정시간은 50초 간격으로 배정하였다. 제안된 알고리즘은 충돌을 줄이기 위해 CCA를 3번 수행하고 BN의 전송률에 따라 백오프 파라미터를 다르게 설정한다. IEEE 802.15.4 CSMA/CA 알고리즘은 같은 클래스안의 존재하는 모든 MAC 프레임은 동일한 백오프 파라미터를 적용받으며 이때 적용하는 백오프 파라미터는 응급데이터의

경우 macMinBE는 2, macMaxBE는 4, macMaxCSMABackoffs는 4로 설정하여 하였다.

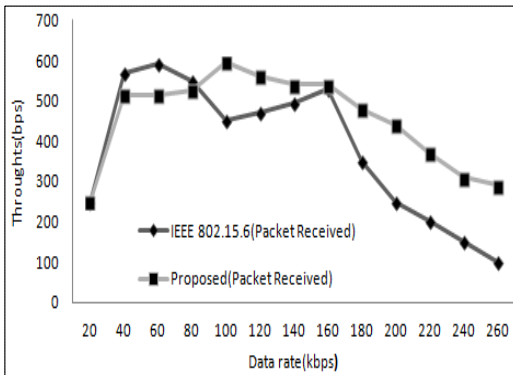


그림 3. BN=10 데이터 처리량

Fig. 3 The throughput in case of BN=10

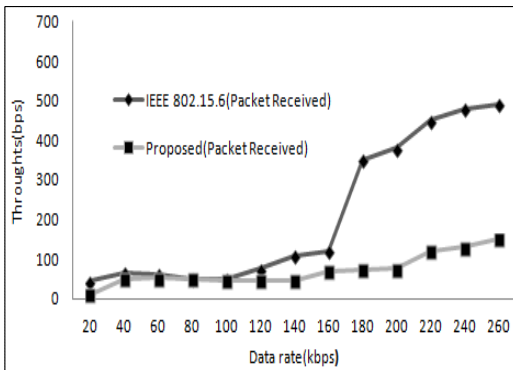


그림 4. BN=10 패킷 손실량

Fig. 4 The packet loss in case of BN=10

V. 결론

제안된 WBAN의 모델 및 CSMA/CA 알고리즘의 성능을 평가하기 위해서 IEEE 802.15.6 방법과 비교 분석하였다. 데이터 전송률을 높이기 위해 CCA를 3번 수행함으로써 충돌이 발생할 확률이 감소하기 때문에 전송에 성공한 데이터 처리량이 증가함을 알 수 있었다. 또한 충돌로 인한 데이터 손실이 발생하기 때문에 WBAN이 요구하는 250ms이내에서 패킷손실량은 기존의 알고리즘보다 성능이 향상됨을 보였다.

감사의 글

본 논문은 2015년도 송원대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

Reference

- [1] S. Ullah, and K. Kwak, "An Ultra Low-Power and Traffic-Adaptive Medium Access Control for Wireless Body Area Networks," *J. med. system*, vol. 16, no. 2, July 2010, pp. 875-891.
- [2] J. Lee and J. Hong, "Performance Improvement of IEEE 802.15.4 MAC for WBAN Environments in Medical," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 1, Jan. 2015, pp. 223-230.
- [3] C. Joao, J. Rodrigues, and P. Lorenz, "Toward ubiquitous mobility solutions for body sensor networks on healthcare," *Communications Mag., IEEE* vol. 50, no. 5, May 2012, pp. 108-115.
- [4] S. Ullah, M. Chen, and K. Kwak, "Throughput and Delay Analysis of IEEE 802.15.6-Based CSMA/CA Protocol," *J. of medical systems*, vol. 36, no. 6, July 2012, pp. 3875-3891.
- [5] S. Cheng and C. Hwang, "Coloring-Based inter-WBAN Scheduling for Mobile Wireless Body area network," *IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems*. vol. 24, no. 2, Feb. 2011, pp 250-259.
- [6] K. Choi, "Vehicle Collision Avoidance Sensor with Interference Immunity to Own Transmitted Sign," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 2, 2013, pp. 433-438.
- [7] X. Wang and L. Cai, "Inference analysis co-existing wireless body area networks," *Global Telecommunications Conf., 2011 IEEE*, Barcelona, Spain, vol. 22, Dec. 2011, pp. 1-5.
- [8] G. Fang, "Distributed Inter-Network Inference Coordination for Wireless Body

Area Networks," *Global Telecommunications Conf., 2010 IEEE*, Portugal, Dec. 2010, pp. 1-9.

- [9] L. Alonso and R. Agusti "MAC-PHY Enhancement for 802.11b WLAN Systems," In *Proc. the 58th IEEE Semiannual Vehicular Technology Conf. VTC 2003-Fall*, Orlando, USA, Oct. 2003, pp. 12-14.
- [10] B. Otal, L. Alonso, and C. Verikoukis, "Highly Reliable Energy-Saving MAC for Wireless Body Sensor Networks in Healthcare Systems," *IEEE J. Sel. Area Commun.* 2009, vol. 27, no. 2, pp. 553-565.
- [11] T. Kim, Y. Rhee, and S. Kim, "Implementation of a Microwave Doppler Sensor," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 4, no. 2, 2009, pp. 75-81.
- [12] H. Fattah and C. Leung "An Overview of Scheduling Algorithm in Wireless Multimedia Networks," *IEEE Trans. Communications*, USA, Oct. 2002, pp. 426-432.
- [13] F. Xia, J. Li, R. Hao, X. Kong, and R. Gao "Service Differentiated and Adaptive CSMA/CA over IEEE 802.15.4 for Cyber-Physical Systems," *The Scientific World J.* New Jersey, USA, 2013, pp. 1-7.

김인환(Ihn-Hwan Kim)



1986년 조선대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1988년 조선대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1995년 조선대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

1992년 송원대학 전자과 전임강사

1992년 ~ 현재 송원대학교 전기전자공학과 부교수

※ 관심분야 : 의료용 디바이스, 의료영상 처리

저자 소개



이정재(Jung-Jae Lee)

1986년 조선대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

1989년 조선대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(공학석사)

1997년 조선대학교 대학원 전산통계학과 졸업(이학박사)

1997년 송원대학 컴퓨터과 전임강사

1997년 ~ 현재 송원대학교 컴퓨터정보학과 부교수

※ 관심분야 : 의료영상처리, 모바일 헬스케어