

모바일 헬스케어 위한 MAC 프로토콜 설계에 관한 연구

정필성¹ · 김현규² · 조양현^{2*}

A Study on MAC Protocol Design for Mobile Healthcare

Pil-Seong Jeong¹ · Hyeon-Gyu Kim² · Yang-Hyun Cho^{2*}¹Saman Corporation, Prime Center, 546-4, Guui-dong, Gwangjin-gu, Seoul, Korea²*Division of Computer Science, Sahmyook University, Seoul 139-742, Korea

요 약

모바일 헬스케어란 정보 통신 기술과 바이오 기술을 융합한 신개념 의료서비스로서 시간과 공간에 구애받지 않고 언제 어디서나 건강과 생활을 관리하여 건강한 삶을 유지시키기 위한 건강관리 서비스이다. 모바일 헬스케어 위해서는 생체신호 계속 관련 기술인 WBAN(Wireless Body Area Network)과 모바일 장치를 이용한 데이터 분석 및 모니터링 기술이 필수적이다. 모바일 헬스케어 환경에서는 이용자의 모바일 장치를 중심으로 구성된 WBAN이 이동 중에 다른 WBAN을 만나게 되면 하나의 매체에 두 개의 WBAN이 동작하는 결과가 된다. 두 개 이상의 WBAN이 충돌하게 되면 노드들이 서로 부여 받은 슬롯에 보내는 데이터 프레임들의 충돌이 발생하며 이는 전송실패와 더불어 데이터 재전송으로 인한 불필요한 에너지 소모를 가져오게 된다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 다음과 같이 모바일 헬스케어를 지원하는 MAC 프로토콜 요소기술을 제안하였다. 첫째, 제안하는 슈퍼프레임은 노드가 할당된 슬롯에서 데이터 전송을 보장받는 TDMA(Time Division Multiple Access) 기반의 경쟁 구간과 CSMA/CA 알고리즘을 통해 데이터를 전송하는 경쟁 구간을 가진다. 둘째, 제안하는 MAC 프로토콜을 기반으로 하는 WBAN의 충돌을 감지하고 네트워크를 병합하는 알고리즘을 제안하였다. 이동성을 가지는 WBAN이 다른 WBAN과 충돌하게 되면 네트워크를 재구성하여 노드가 전송하는 데이터 프레임 충돌을 줄이도록 하였다. 제안하는 슈퍼프레임 구조와 네트워크 병합 알고리즘의 성능평가를 위해서 OMNeT++ 네트워크 시뮬레이션 프레임워크 기반의 Castalia를 사용하였다. 성능평가 결과 제안한 MAC 프로토콜을 사용했을 때가 IEEE 802.15.6을 사용했을 때 보다 충돌 확률이 감소하여 패킷 전송 성공률과 에너지 효율이 개선된 것을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

Mobile healthcare is a fusion of information technology and biotechnology and is a new type of health management service to keep people's health at anytime and anywhere without regard to time and space. The WBAN(Wireless Body Area Network) technology that collects bio signals and the data analysis and monitoring technology using mobile devices are essential for serving mobile healthcare. WBAN consisting of users with mobile devices meet another WBAN during movement, WBANs transmit data to the other media. Because of WBAN conflict, several nodes transmit data in same time slot so a collision will occur, resulting in the data transmission being failed and need more energy for re-transmission. In this thesis, we proposed a MAC protocol for WBAN with mobility to solve these problems. First, we proposed a superframe structure for WBAN. The proposed superframe consists of a TDMA(Time Division Multiple Access) based contention access phase with which a node can transmit data in its own time slot and a contention phase using CSMA/CA algorithm. Second, we proposed a network merging algorithm for conflicting WBAN based on the proposed MAC protocol. When a WBAN with mobility conflicts with other WBAN, data frame collision is reduced through network reestablishment. Simulations are performed using a Castalia based on the OMNeT++ network simulation framework to estimate the performance of the proposed superframe and algorithms. We estimated the performance of WBAN based on the proposed MAC protocol by comparing the performance of the WBAN based on IEEE 802.15.6. Performance evaluation results show that the packet transmission success rate and energy efficiency are improved by reducing the probability of collision using the proposed MAC protocol.

키워드 : 모바일 헬스케어, 맥 프로토콜, 슈퍼프레임, WBAN**Key word** : Mobile Healthcare, MAC Protocol, Superframe, WBAN

접수일자 : 2014. 10. 23 심사완료일자 : 2014. 11. 10 게재확정일자 : 2014. 11. 27

* **Corresponding Author** Yang-Hyun Cho((E-mail:yhcho@syu.ac.kr, Tel:+82-2-3399-1787)

Division of Computer Science, Sahmyook University, Seoul 139-742, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.2.323>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

모바일 헬스케어는 생체 신호 계측, 자동 진단, 응급 경보 등이 가능한 무선 생체계측 시스템과 스마트폰과 태블릿 PC 등 모바일 컴퓨팅 장치를 유기적으로 연결하여 유비쿼터스 헬스케어를 구현하기 위한 서비스를 말한다. 모바일 헬스케어를 이용하면 기존의 병원정보시스템이 갖고 있는 한계를 극복하여 시간과 장소의 제약 없이 진료현장에서 효율적으로 환자의 임상 정보를 처리함으로써 진료 효율을 증대 시키고 의료의 질을 향상시킬 수 있다[1,2]. 언제 어디서나 의사 및 간호사가 임상정보시스템에 접속하여 실시간으로 환자의 정보 및 검사결과 내역을 조회하고 중요한 진료업무를 직접 수행할 수 있으며 의료진이 수행해야하는 복잡한 업무처리 흐름을 간소화시켜 의료진이 환자 진료에 최선의 노력을 기울일 수 있는 진료환경의 구축이 가능하다. 모바일 헬스케어는 WBAN(Wireless Body Area Network) 기술을 기반으로 하는 모바일 진단 치료 기기의 생체신호 계측 관련 기술과 이동형 무선 통신 및 임베디드 컴퓨팅 기술을 이용한 원격 진료(Telemedicine) 기술을 이용해 이루어진다[3-5].

모바일 헬스케어를 위해 구성된 WBAN은 모바일 장치를 가지고 있는 이용자를 중심으로 네트워크 구조를 이루고 있으며 높은 이동성과 그룹 단위의 이동을 하는 특징을 가지고 있다. 이러한 특징 때문에 이용자를 중심으로 구성된 WBAN은 이동 중에 다른 WBAN을 구성하는 이용자와 신체적으로 접촉하게 되는 경우 하나의 매체에 두 개의 WBAN이 동작하는 결과가 된다. 두 개 이상의 WBAN이 3m 통신 범위 내에서 동작하는 경우 노드들이 서로 부여 받은 슬롯에 보내는 데이터 프레임들의 충돌이 발생하며 이는 전송실패와 더불어 데이터 재전송으로 인한 에너지 소모를 가져오게 된다. 노드들이 연속적으로 전송이 실패할 경우 허브는 네트워크를 재구성하고 새로운 하나의 WBAN을 구성하여 노드의 불필요한 에너지 소모를 줄이고 데이터 전송을 보장해야 한다[6-10].

본 논문에서는 IEEE 802.15.6의 문제점인 일반 상황에서의 Exclusive Access Phase의 유희슬롯문제, 모바일 장치를 기반으로 하는 구성된 이동성을 가지는 WBAN을 지원하기 위한 MAC 프로토콜을 다음과 같이 제안하였다. 첫째, Exclusive Access Phase의 유희슬

롯문제와 우선순위가 높은 노드가 슬롯을 독점하는 문제를 해결하기 위해서 WBAN을 구성하는 노드가 애플리케이션의 종류에 따라서 하나 이상의 슬롯을 할당받고 자신에게 할당된 슬롯을 통해 데이터를 전송을 보장받고 슬롯이 유희 할 때 다른 노드가 경쟁을 통해 데이터를 전송하는 Owner Priority Phase와 경쟁을 통해 데이터를 전송하는 Contention Access Phase로 나누어 다수의 노드들이 응급 데이터를 전송하기 위해 슬롯을 점유하기 위해 경쟁하는 과정 중에 발생하는 전송지연과 에너지 소모를 해결하기 위한 구조를 가진다. 둘째, 제안하는 슈퍼프레임을 기반으로 하는 MAC 프로토콜을 이용하는 WBAN이 이동 중에 또 다른 WBAN을 만나 네트워크 충돌로 인해 노드의 데이터 프레임 전송 충돌이 발생하는 것을 감지하면 허브의 통신 범위 내에 있는 노드를 이용하여 네트워크를 재구성하는 WBAN 병합 알고리즘을 제안하였다.

제안하는 MAC 프로토콜 기반의 WBAN 시스템 모델의 성능평가를 위해서 NICTA (National ICT Australia)에서 BAN(Body Area Network) 및 WSN(Wireless Sensor Network)의 시뮬레이션을 위해 개발된 OMNeT++ 네트워크 시뮬레이션 프레임워크 기반의 Castalia를 사용하였다. 성능평가를 통해 제안하는 MAC 프로토콜을 사용하게 되면 노드의 패킷 전송 충돌 확률을 감소시켜 IEEE 802.15.6 MAC 프로토콜을 사용할 때보다 데이터 처리량과 에너지 효율이 개선됨을 확인할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 모바일 헬스케어와 IEEE 802.15.6 MAC 프로토콜에 관한 이론을 설명하고 제 3장에서는 제안하는 슈퍼프레임 구조, 이동성을 가진 WBAN 병합 알고리즘에 관하여 설명한다. 제 4장에서는 제안한 MAC 프로토콜의 성능 평가를 수행하고 결과에 따른 성능을 비교한다. 마지막으로 제 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 이론

2.1. 모바일 헬스케어

모바일 헬스케어는 생체신호계측, 자동진단, 응급 경보 등이 가능한 무선 생체계측 시스템과 스마트폰과 태블릿 PC 등 모바일 컴퓨팅 장치를 유기적으로 연결하여 시간과 장소에 상관 없이 언제 어디서나 건강과

생활을 관리하여 건강한 삶을 유지시키는 유비쿼터스 헬스케어를 구현하기 위한 서비스를 말한다. 모바일 헬스케어 기술을 이용하면 기존의 병원정보시스템이 갖고 있는 한계를 극복하여 시간과 장소의 제약 없이 진료현장에서 효율적으로 환자의 임상 정보를 처리함으로써 진료 효율을 증대 시키고 의료의 질을 향상시킬 수 있다. 언제 어디서나 의사 및 간호사가 임상정보 시스템에 접속하여 실시간으로 환자의 정보 및 검사결과 내역을 조회하고 중요한 진료업무를 직접 수행할 수 있으며 의료진이 수행해야하는 복잡한 업무처리 흐름을 간소화하여 의료진이 환자 진료에 최선의 노력을 기울일 수 있는 진료환경의 구축이 가능하다.

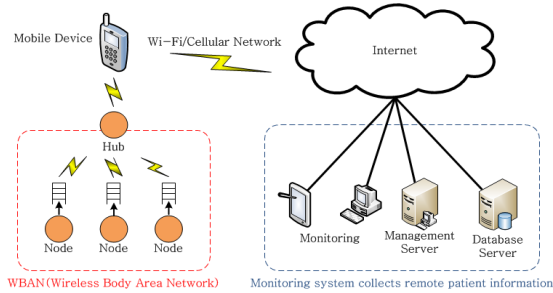


그림 1. 모바일 헬스케어 모델
Fig. 1 Mobile Healthcare Model

그림 1은 모바일 헬스케어 모델을 보여준다. 모바일 헬스케어는 인체 내부 및 외부에 부착되어 생체 정보를 수집하는 노드와 수집된 정보를 처리하여 관리 서버에 전송하는 모바일 장치로 구성된 WBAN 기반의 모바일 진단 치료 기기의 생체신호 계측 관련 기술과 이동형 무선 네트워크 및 유선 네트워크를 이용하여 원격지에서 측정된 생체 정보를 수집하고 분석하여 건강관리 서비스를 제공하는 원격진료 기술을 이용해 이루어진다.

2.2. IEEE 802.15.6 MAC 프로토콜 요구사항

IEEE 802.15.6 MAC 프로토콜은 다양한 장치 및 응용을 위해서 다음과 같은 요구사항을 만족해야 한다.

- 저전력(Power consumption) : WBAN 장치는 인체 내부에 이식되거나 배터리 기반으로 동작하는 휴대할 수 있는 의료용 센서 장치 또는 휴대형 장치로 구성되기 때문에 에너지 사용 효율성이 중요하다. WBAN

장치는 소모 전력을 절약하기 위하여 최소 기능만 동작하는 수면(Sleep) 상태와 외부와 통신 등 필요한 기능이 동작되는 활성(Active) 상태로 운용된다. 이러한 상태 제어는 MAC에서 수행하며 WBAN MAC은 전송속도, 듀티 사이클, 전송 지연과 밀접한 관련을 갖는다. 듀티 사이클은 한 주기 동안 신호를 보내는 시간과 보내지 않은 시간의 비를 나타내며, 전송 지연은 데이터 지연 시간을 나타낸다. WBAN 장치의 저전력화는 전송 속도와 듀티 사이클이 작을수록 유리하고 전송 지연은 클수록 유리하다.

- 듀티 사이클(Duty cycle) : 듀티 사이클에 대한 요구사항은 매우 광범위하다. 특히 의료 장치의 경우 측정되는 인체 정보에 따라 1%에서부터 100%까지 다양한 듀티 사이클이 요구된다. 듀티 사이클은 저전력 요구사항과 매우 밀접한 관계를 가지므로 듀티 사이클 요구사항을 만족하는 것이 저전력 요구사항을 만족하는 방안 중에 하나가 될 수 있다. 최대한 오래 수면 상태를 유지하고 전송이 필요한 경우에만 깨어나도록(Wakeup) 하여 통신을 수행하도록 요구된다. 반면 CE 장치의 경우 듀티 사이클의 요구 조건에 크게 적용되지 않는다.

- 전송 지연(Latency) : 응급(Emergency) 의료 상황, QoS 보장을 요구하는 의료 응용은 낮은 전송 지연이 요구된다. 또한 CE 응용도 QoS 보장을 요구하거나 실시간 서비스를 제공해야 하는 서비스의 경우 낮은 전송 지연으로 요구 조건을 만족해야 한다.

- 확장성(Scalability) : WBAN의 네트워크는 최대 64개의 장치까지 확장을 지원할 수 있어야 한다. 다양한 특성을 가지는 장치가 네트워크에 혼재되어 있고 저속의 서비스부터 고속의 서비스까지 지원해야 하므로 전송 속도는 10kbps부터 10Mbps까지 장치 전송 특성에 따라서 다양한 전송 속도를 지원해야 한다.

- 주기성(Periodic) : 의료 분야의 WBAN 장치는 인체 정보를 주기적으로 수집하고 취합된 정보를 분석할 수 있도록 관리 시스템으로 정보를 전달한다. 따라서 일반적인 의료 분야의 WBAN 장치는 WBAN 네트워크에 항상 연결되어 있으며 주기적인 수면 상태와 깨

어나는 상태를 반복하는 듀티 사이클을 통해 에너지 소비 효율을 높이는 통신을 수행하게 된다. 반면에 CE 장치는 때때로 네트워크에 연결되며 데이터 전송도 Event-driven 기법을 통하여 때때로(Sporadically) 대량의 데이터가 폭발적(Bursty)으로 전송되는 특징을 가진다.

2.3. IEEE 802.15.6 MAC 프로토콜 구조

IEEE 802.15.6 MAC 프로토콜은 의료 정보의 신뢰성 있는 전송을 확보하기 위해 비경쟁 전송 구간을 보장한다. IEEE 802.15.6 표준에서는 허브와 노드를 위해 세 가지 접근 방법을 제공하고 있으며 Beacon 주기를 가지고 Beacon을 전송하는 방법(Beacon mode with beacon period)과 Beacon을 전송하지 않는 방법(Non-beacon mode with beacon period) 그리고 슈퍼프레임 구조를 갖지 않는 방법(Non-beacon mode without beacon period)으로 나뉜다.

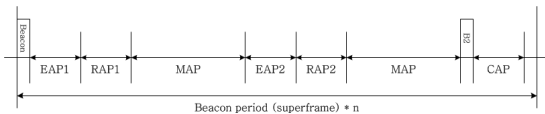


그림 2. Beacon 주기를 가지고 Beacon을 전송하는 방법
Fig. 2 Beacon mode with beacon period

그림 2는 Beacon 주기를 가지고 Beacon을 전송하는 방법을 나타낸다. 허브와 노드는 Beacon 주기를 Exclusive Access Phase, Random Access Phase, Managed Access Phase 구간으로 나누어 동작하며 필요한 경우 허브는 B2(Beacon 2) 프레임을 전송 후 노드의 Contention Access Phase 구간을 보장한다. IEEE 802.15.6에서 허브와 노드는 응급 상황에서 발생하는 응급 데이터와 같이 높은 우선순위를 가지는 데이터는 Exclusive Access Phase 구간과 Random Access Phase 구간을 이용하며 Random Access Phase 구간에서는 CSMA/CA를 수행하여 데이터를 전송하게 된다. Random Access Phase 구간과 Contention Access Phase 구간에서는 주기적인 데이터를 갖는 노드들도 함께 데이터 전송을 위해 경쟁하게 된다. Managed Access Phase 구간은 비경쟁구간으로 예약을 통해 슬롯을 할당한다. Managed Access Phase 구간은 허브의 폴링(polling) 및 포스팅(posting) 방식으로 동작한다.

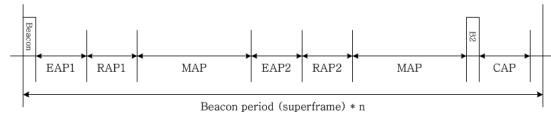


그림 3. Beacon 주기를 가지고 Beacon을 전송하지 않는 방법
Fig. 3 Non-beacon mode with beacon period

그림 3은 슈퍼프레임 구조를 가지며 Beacon을 전송하지 않는 방법을 나타낸다. 이 방법에서 허브와 노드는 Managed Access Phase 구조만을 가지고 동작하게 된다.

슈퍼프레임 구조를 갖지 않는 방법에서 허브는 Type-II 폴 할당기법(Polled allocation) 또는 포스트 할당기법(Posted allocation)을 통해 노드에게 데이터를 전송하며 노드는 CSMA/CA를 이용하여 슬롯을 할당받는다.

III. 제안하는 MAC 프로토콜

제안하는 MAC 프로토콜은 이동성을 가진 WBAN을 구성하는 노드에서 전송되는 데이터의 종류에 따라서 유연성을 가질 수 있도록 다음과 같은 사항을 고려하여 제안하였다.

첫째, 주기적인 데이터와 응급 데이터의 전송 지연을 보장하고 전송을 위한 에너지 소비를 최소한으로 감소시킨다. IEEE 802.15.6 MAC 프로토콜에서는 응급 데이터를 전송하기 위해서 Exclusive Access Phase와 Random Access Phase 및 Contention Access Phase를 이용하게 되는데 노드들이 데이터를 전송하기 위해서 경쟁을 통해 슬롯을 점유하는 CSMA/CA 알고리즘을 이용한다. 배터리를 기반으로 동작하는 의료용 센서 기능을 가지는 노드는 최대한 경쟁을 피하여 최소한의 에너지를 소모하여 데이터를 전송해야 한다. 또한 응급 메시지를 전송하지 않을 때는 Exclusive Access Phase의 유휴 슬롯이 발생하며 이에 따라 채널 이용률의 감소를 가져오며 이로 인한 다른 노드의 전송 지연이 증가하게 된다. 본 논문에서는 응급 메시지가 없을 경우의 Exclusive Access Phase의 존재로 인한 채널이용률 감소와 다른 노드의 전송 지연 및 우선순위가 높은 노드들의 경쟁으로 인한 에너지 소모를 줄이기 위하여 스케줄에 따라 슬롯에 대한 소유권을 가지는 노드가 가장

먼저 전송을 시도하고 슬롯이 유향 상태일 때 소유권을 가지지 못하는 노드가 경쟁을 통해 전송을 시도하는 TDMA(Time Division Multiple Access) 기반의 경쟁 구간인 Owner Priority Phase와 경쟁을 통해 데이터를 전송하는 Contention Access Phase를 통해 주기적인 데이터와 응급 데이터 전송에 대한 전송 지연을 줄이고 채널 점유 경쟁을 줄여 에너지 소모를 줄일 수 있도록 하였다.

둘째, 이용자를 중심으로 이동성을 가지는 WBAN이 다른 WBAN을 만나게 되면 데이터 프레임 전송 중에 충돌이 발생하여 에너지 소모를 증가를 가져올 수 있다. 따라서 효율적으로 네트워크 충돌을 감지해야 하며 재구성된 네트워크를 이용하는 노드의 데이터 전송을 최대한 보장해야 한다. 허브는 다른 노드로부터 데이터를 수집하고 블루투스나 같은 WPAN(Wireless Personal Area Network) 기술을 이용하여 수집된 데이터를 모바일 장치로 전송한다. 이기중 네트워크 연결을 위해서 허브는 노드보다 많은 에너지를 소모하기 때문에 네트워크 재구성성이 이루어질 때 가능하면 하나의 허브에서 정보를 수집하도록 처리해야 한다. 이를 위해서 네트워크를 재구성하기 위해 허브의 잔여 에너지를 확인하는 과정이 필요하다. 또한 노드의 데이터 전송을 보장하기 위해서 TDMA 기반의 경쟁구간과 경쟁 구간의 슬롯을 동적으로 할당하도록 하였다. 노드로부터 슬롯 할당을 요청받는 구간을 두어 노드는 TDMA 기반의 경쟁 구간의 슬롯을 할당받기 위해서 허브에 요청하고 슬롯을 할당 받지 못한 노드는 다음 슈퍼프레임 주기 때 경쟁 구간에서 들어온 데이터를 이용해서 허브가 유동적으로 TDMA 기반의 경쟁 구간의 슬롯을 할당해 주도록 하였다. 또한 비교적 주기가 긴 생체 데이터의 경우 허브에서 슬롯 할당을 해제하고 경쟁 구간을 이용하도록 하여 불필요한 슬롯 낭비를 막을 수 있도록 하였다.

3.1. 제안 슈퍼프레임 구조

WBAN을 지원하기 위해 제안하는 슈퍼프레임 구조는 그림 4와 같다. 제안하는 슈퍼프레임 구조는 허브와 노드 동기화를 위한 SYNC Phase, 노드가 허브에게 슬롯 할당을 요청하는 Request Slot Phase, 허브가 노드에게 슬롯 할당 정보를 알려주는 Beacon Phase, 슬롯을 소유한 노드에게 데이터 전송 우선권을 주는 TDMA 기반의 경쟁 구간인 Owner Priority Phase, 노드가 경쟁을 통

해 허브에게 데이터를 전송하는 Contention Access Phase 로 구성된다.

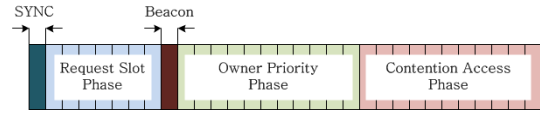


그림 4. 제안 슈퍼프레임 구조
Fig. 4 Proposed superframe structure

제안하는 슈퍼프레임 구조를 가지는 MAC 프로토콜에서 Owner Priority Phase는 슬롯에 대한 소유권을 가진 노드가 가장 먼저 슬롯을 이용하도록 보장하며 만일 슬롯의 소유권을 가진 노드가 전송할 데이터가 없고 소유권을 가지지 않은 노드가 전송을 원할 경우 일정 시간대기 후 채널 유향상태를 확인하여 데이터 종류와 전송률을 고려한 CSMA/CA 알고리즘을 이용하여 데이터 전송을 시도한다. Owner Priority Phase 다음에 Contention Access Phase를 두어 잔류 데이터가 있는 노드들이 경쟁을 통해 데이터를 전송할 수 있는 기회를 제공한다.

3.1.1. SYNC Phase

제안하는 슈퍼프레임은 허브에서 노드로 SYNC 프레임이 브로드 캐스팅되면서 시작된다. SYNC Phase에서 허브는 노드가 필요한 슬롯을 요청하기 위해 필요한 정보를 담은 SYNC 메시지를 브로드 캐스팅 한다. SYNC 메시지는 Request Slot Phase를 정의하며 SYNC 데이터 프레임 구조는 그림 5와 같다.

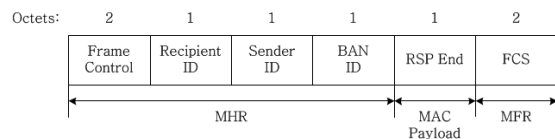


그림 5. 제안 SYNC 데이터 프레임
Fig. 5 Proposed SYNC data frame

RSP End는 Request Slot 구간이 끝나는 슬롯을 나타낸다. Request Slot Phase 동안 노드는 Owner Priority Phase에서 사용할 슬롯을 할당받기 위해 CSMA/CA 알고리즘을 이용한 경쟁을 통해 허브에 슬롯 할당 요청 메시지를 전송한다.

3.1.2. Request Slot Phase

Request Slot Phase에서 노드는 경쟁을 통해서 허브에게 Owner Priority Phase에서 사용할 슬롯을 요청한다. 슬롯을 요청하는 노드는 자신의 전송률에 따라서 1개 또는 2개의 슬롯을 요청하는 RS 메시지를 전송한다. 노드가 Request Slot Phase에서 슬롯을 요청하기 위해서 허브로 전송하는 RS 데이터 프레임 구조는 그림 6과 같다.

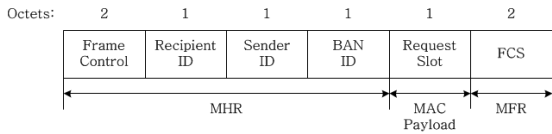


그림 6. 제안 RS 데이터 프레임
Fig. 6 Proposed RS data frame

Request Slot은 Owner Priority Phase에서 사용할 슬롯을 요청하는 정보를 포함한다. 노드는 전송률에 따라서 1개에서 3개의 슬롯을 요청하게 되는데 Request Slot은 요청하게 되는 슬롯의 수를 나타낸다.

3.1.3. Beacon Phase

Beacon Phase에서 허브는 Request Slot Phase에서 수신한 RS 메시지를 기반으로 Owner Priority Phase에서 슬롯을 사용할 노드 정보(node ID)와 할당된 슬롯의 수를 포함한 Beacon 메시지를 브로드 캐스팅 한다. Beacon Phase에서 허브로부터 브로드 캐스팅되는 Beacon 데이터 프레임 구조는 그림 7과 같다.

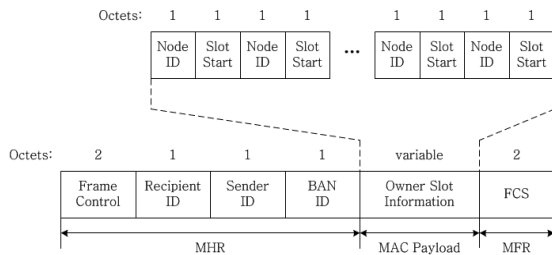


그림 7. 제안 Beacon 데이터 프레임
Fig. 7 Proposed Beacon data frame

Owner Slot Information은 노드로부터 전송된 RS 메시지를 받은 허브가 Owner Priority Phase에서 슬롯을 사용할 노드와 할당해준 슬롯의 수를 포함하는 정보를

나타내는 필드로써 WBAN을 구성하는 노드의 수에 따라서 가변적인 크기를 가진다.

3.1.4. Owner Priority Phase

Owner Priority Phase는 TDMA를 기반으로 하는 경쟁 구간으로 허브가 노드에게 슬롯을 할당한다. 제안하는 슈퍼프레임 구조에서 Owner Priority Phase는 그림 8과 같다.

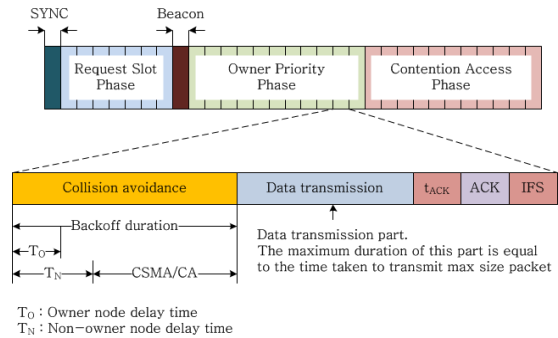


그림 8. 제안 사용자 우선순위 구간
Fig. 8 Proposed owner priority phase

Owner Priority Phase에서는 할당 받은 슬롯에 대한 소유권을 가진 노드가 가장 먼저 슬롯을 이용하도록 보장 한다. 측정된 생체 정보를 전송하는 노드는 일정주기를 가지고 의료용 메시지를 전송하며 혈압 정보를 전송하는 노드의 경우 다른 노드에 비해 비교적 긴 전송주기를 가지기 때문에 Owner Priority Phase에서 할당된 슬롯은 항상 데이터 전송에 사용되는 것은 아니다. 따라서 유희 상태인 슬롯의 이용률 향상을 위해서 다른 노드에게도 슬롯 사용 기회를 제공해야 한다. 또한 응급 메시지는 다른 메시지 보다 가장 먼저 전송을 보장해야 한다. 이를 위해서 응급 메시지를 가진 노드는 자신이 소유하고 있는 슬롯을 이용해서 전송을 하고 유희 슬롯을 감지할 때마다 경쟁을 통해서 잔류 데이터 전송의 기회를 가진다. 노드는 유희 슬롯을 이용하기 위해 다음 장에서 제안하는 CSMA/CA 알고리즘을 수행한다. Owner Priority Phase를 가지는 슈퍼프레임 구조를 통해서 데이터의 전송 지연을 감소시키고 채널 이용률 증가를 가져올 수 있으며 노드의 슬롯 점유를 위한 경쟁을 감소시켜 에너지 소비를 줄일 수 있다.

3.2. WBAN 병합 알고리즘

모바일 장치를 중심으로 구성되는 WBAN은 이용자를 중심으로 이동성을 가지며 다른 사람들과의 신체 접촉 또는 이동 중에 인해 다른 이용자를 중심으로 구성된 또 다른 WBAN을 만날 수 있다. WBAN 영역이 서로 겹치게 되면 전송하는 노드의 데이터 프레임 충돌이 발생하게 되고 재전송으로 인한 에너지 소모 증가를 가져올 수 있다. 두 개 이상의 네트워크가 서로 겹치게 되어 일정 횟수 이상의 연속적인 전송 실패를 감지한 노드들이 문제 발생을 인식하고 네트워크를 재구성해야 한다. 제안하는 WBAN 병합 알고리즘은 전송 충돌을 허브가 감지하는 경우와 노드가 감지하는 경우로 나누어서 동작하며 허브의 남아 있는 에너지를 기준으로 통합되는 네트워크를 선택한다.

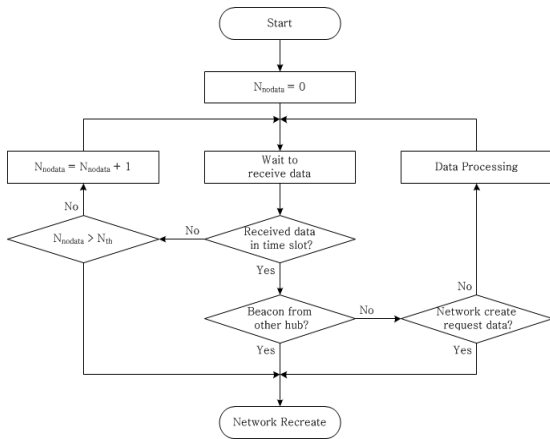


그림 9. 허브가 수행하는 네트워크 재구성 알고리즘
Fig. 9 Network reconfiguration algorithm performed by hub

3.2.1. 허브가 네트워크 충돌을 감지한 경우

허브가 네트워크 충돌을 감지하는 상황은 다음과 같다. 첫째, 허브가 또 다른 WBAN을 관리하고 있는 허브로부터 Beacon 메시지를 수신한 경우이다. WBAN을 관리하고 네트워크의 상황을 점검하는 허브는 일정 주기 단위로 Beacon 메시지를 전송한다. 네트워크 영역 내에 있는 허브가 또 다른 허브로부터 Beacon 메시지를 받게 되면 주변 노드 및 허브에게 충돌을 알리고 네트워크 재구성 알고리즘을 수행한다. 둘째, 노드가 Owner Priority Phase에서 자신이 소유하고 있는 슬롯에서 연속적으로 전송을 실패하는 것을

허브가 감지한 경우이다. Owner Priority Phase에서는 정해진 스케줄에 맞춰 노드가 데이터를 전송하며 허브는 노드에게 ACK 메시지로 응답하게 된다. 허브는 슬롯을 이용하는 노드의 ID와 할당된 슬롯의 수를 알고 있기 때문에 연속적으로 슬롯 이용이 불가능한 상황을 감지해 낼 수 있다. 연속적인 전송 실패를 감지한 허브는 주변 노드 및 허브에게 네트워크 충돌을 알리고 네트워크 재구성 알고리즘을 수행한다. 그림 9는 허브가 네트워크 충돌을 감지했을 때 수행하는 네트워크 재구성 알고리즘이다.

3.2.2. 노드가 네트워크 충돌을 감지한 경우

노드가 네트워크 충돌을 감지하는 상황은 다음과 같다. 첫째, 노드가 또 다른 WBAN을 관리하고 있는 허브로부터 Beacon 메시지를 수신한 경우이다. WBAN을 관리하고 네트워크의 상황을 점검하는 허브는 일정 주기 단위로 Beacon 메시지를 전송하기 때문에 네트워크 영역 내에 있는 노드가 다른 WBAN을 관리하는 허브로부터 Beacon 메시지를 받게 되면 Contention Access Phase에서 경쟁을 통해 노드가 속한 WBAN을 관리하는 허브에게 충돌을 알린다.

둘째, 노드가 Owner Priority Phase에서 자신이 소유하고 있는 슬롯에서 연속적으로 전송을 실패하는 경우이다. Owner Priority Phase에서 노드는 자신에게 할당된 슬롯을 통해 전송을 보장받는다. 할당된 슬롯에서 전송을 실패하는 경우는 물리계층의 지원 불가 상황이나 잔여 배터리 부족으로 하드웨어에서 처리가 불가능한 상황 또는 다른 네트워크에 속한 노드와의 슬롯이 겹치는 구간에서 발생하는 전송 충돌 상황이다. 물리계층에서 실패하는 경우 노드는 상황을 인지할 수 있지만 네트워크 충돌로 인한 상황인지는 불가능하다. 따라서 노드는 자신이 소유하는 슬롯에서 데이터 전송이 실패하는 경우 네트워크 충돌로 간주하고 Contention Access Phase에서 경쟁을 통해 허브에게 충돌을 알린다. 셋째, 노드가 다른 네트워크에 속한 허브로부터 전송 충돌 메시지를 확인했을 경우이다. 노드는 다른 네트워크에 속해 있더라도 동일한 네트워크 ID를 사용하기 때문에 다른 네트워크에 속한 허브로부터 수신이 가능하며 이를 감지하면 자신이 속한 네트워크를 관리하는 허브에게 충돌을 알린다.

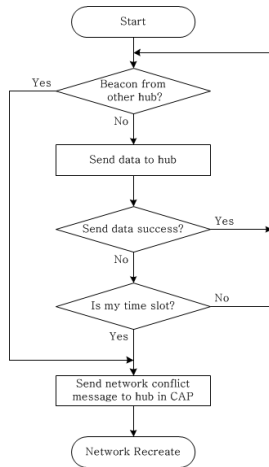


그림 10. 노드가 수행하는 네트워크 재구성 알고리즘
 Fig. 10 Network reconfiguration algorithm performed by node

3.2.3. 허브가 수행하는 WBAN 병합 알고리즘

WBAN을 관리하는 허브는 다른 노드로부터 데이터를 수집하여 이기종 네트워크에 연결되어 있는 모바일 장치로 전송한다. 일반적으로 허브는 모바일 장치와 블루투스 기술을 사용하여 데이터를 송수신한다. 블루투스 기술은 WBAN에 비해 많은 에너지를 소모하기 때문에 허브의 에너지 관리 기술은 필수사항이다.

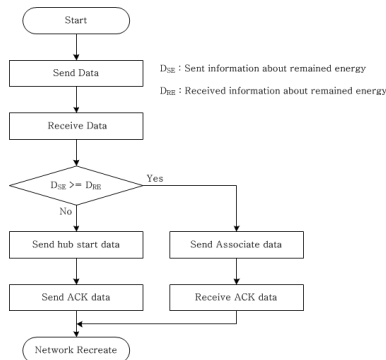


그림 11. 허브에서 수행하는 WBAN 병합 알고리즘
 Fig. 11 WBAN merge algorithm performed by hub

WBAN을 병합할 때에도 허브의 잔여 에너지를 고려하여 어느 허브를 중심으로 네트워크를 구성할 것인지 판단해야 한다. 네트워크가 구성되면 허브의 기능을 수행하지 않는 노드는 최대한 수면 상태를 유지하

여 에너지 소모를 줄여야 한다.

IV. 성능평가

본 장에서는 제안하는 MAC 프로토콜의 성능을 평가하기 위해서 IEEE 802.15.6 MAC 프로토콜을 기반으로 하는 WBAN 시스템 모델과 제안하는 MAC 프로토콜을 기반으로 하는 WBAN 시스템 모델에서의 패킷 처리율, 패킷 전송량, 에너지 소모율을 비교 하였다. 성능 평가를 위해서 NICTA (National ICT Australia)에서 개발한 OMNeT++ 네트워크 시뮬레이션 프레임워크 기반의 Castalia를 사용하였다.

4.1. 성능평가 파라미터

제안 MAC 프로토콜과 제안 WBAN 병합 알고리즘의 성능 평가를 위해서 다중의 WBAN이 구성되어 있는 환경에서 단일 WBAN이 이동을 하는 상황을 가정 하였다.

표 1. 정보통신망 흐름도
 Table. 1 Flow of WBAN

파라미터	값	
WBAN 개수	이동성을 가진 WBAN	1개
	고정 WBAN	5개
고정 WBAN의 Hub 좌표	고정 WBAN[1]	(9,10)
	고정 WBAN[2]	(17,10)
	고정 WBAN[3]	(25,10)
	고정 WBAN[4]	(33,10)
	고정 WBAN[5]	(41,10)
이동성을 가진 WBAN 이동 좌표	시작 좌표	(10,10)
	종료 좌표	(60,10)
이동성을 가진 WBAN 이동 속도	50cm/second	

단일 WBAN이 이동을 하면서 다른 WBAN과 만나게 되고 데이터 프레임 충돌을 감지하면 하나의 네트워크로 재구성하게 된다. 다중 WBAN 환경에서는 제안하는 슈퍼프레임 구조를 가지고 네트워크 병합 알고리즘을 수행할 때의 성능 평가를 위해서 수행한 시뮬레이션은 다음과 같다. 첫째, 노드가 동일한 전송률을 가지고 있는 상황에서 전송률을 10kbps부터 250kbps로 10kbps

간격으로 변화시키면서 성능을 측정하였다. 둘째, 노드가 각각 10kbps, 40kbps, 70kbps, 110kbps, 140kbps, 170kbps, 210kbps, 250kbps의 서로 다른 전송률을 가지는 상황에서 성능을 측정하였다.

4.2. 노드가 동일한 전송률을 가지는 경우

이동성을 가진 WBAN을 구성하고 있는 노드가 동일한 전송률 변화를 하는 상황에서 이동 중에 다른 WBAN을 만나게 되는 상황에서 성능을 평가하였다. WBAN을 구성하는 노드는 8개, 16개, 24개로 구성하여 성능을 평가하였다. 표 2는 다중 WBAN 환경에서 노드가 동일한 전송률을 가지고 있을 때 성능평가를 위한 파라미터이다.

표 2. 다중 WBAN 환경에서 노드들이 동일한 전송률을 가질 때 시뮬레이션 파라미터

Table. 2 Simulation parameters when all nodes have same data rate in multiple WBAN

파라미터	값
노드 수	8개부터 64개까지 8개 단위로 증가
전송률	10kbps부터 250kbps까지 10kbps 단위로 증가

그림 12부터 그림 14는 WBAN을 구성하는 노드 수가 8개, 16개, 24개이고 노드의 전송률을 10kbps부터 250kbps까지 10kbps 간격으로 변화시켰을 때 허브가 노드로부터 수신한 평균 패킷 수를 그래프로 표현한 것이다. 그래프에서 N은 노드 수를 나타낸다.

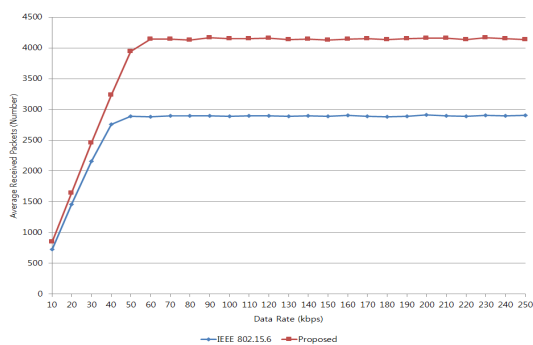


그림 12. 동일한 전송률을 갖는 노드들로부터 수신한 평균 패킷 수(N=8)
Fig. 12 Average received packets from nodes have same data rate(N=8)

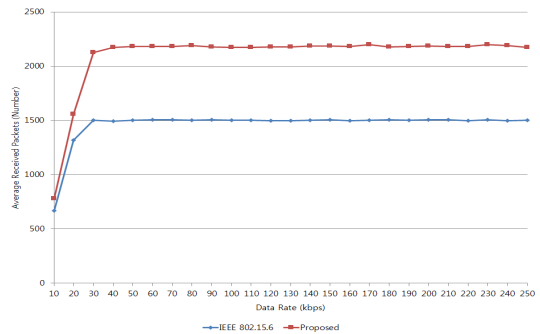


그림 13. 동일한 전송률을 갖는 노드들로부터 수신한 평균 패킷 수(N=16)
Fig. 13 Average received packets from nodes have same data rate(N=16)

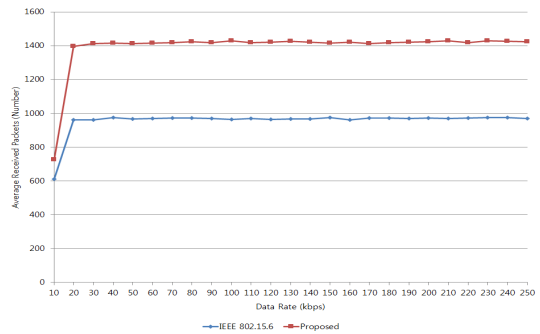


그림 14. 동일한 전송률을 갖는 노드들로부터 수신한 평균 패킷 수(N=16)
Fig. 14 Average received packets from nodes have same data rate(N=16)

그림 12부터 그림 14에서 WBAN이 이동 중에 다른 WBAN을 만나 새로운 네트워크를 구성하여 원래 가지고 있는 노드보다 많은 노드로부터 패킷을 수신하기 때문에 단일 WBAN 환경보다 많은 수의 패킷을 허브가 수신하게 된다. 노드의 전송률이 증가함에 따라서 허브로 도착하는 패킷의 수는 증가하다가 전송 패킷이 포화되는 전송률을 기점으로 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있다. 또한 노드의 데이터 전송률이 증가하는 상황이나 네트워크를 구성하는 노드의 수가 증가할수록 제안하는 MAC 프로토콜을 사용하는 상황에서 성능이 향상된 것을 알 수 있다. 제안하는 MAC 프로토콜은 비콘 메시지를 수신하기 전에도 충돌을 감지하여 네트워크를 재구성하기 때문에 노드의 데이터 프레임 충돌의 횟수가 줄어 처리되는 패킷의 수는 증가하였다.

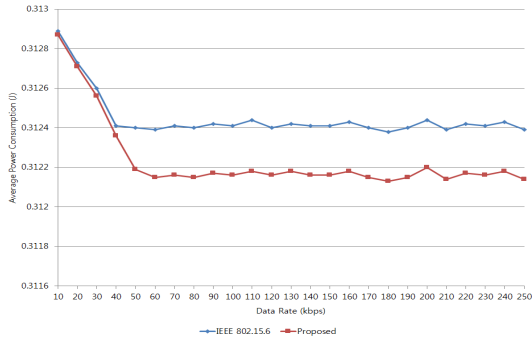


그림 15. 동일한 전송률을 갖는 노드들의 평균 에너지 소모량 (N=8)

Fig. 15 Amount of average power consumption when nodes have same data rate (N=8)

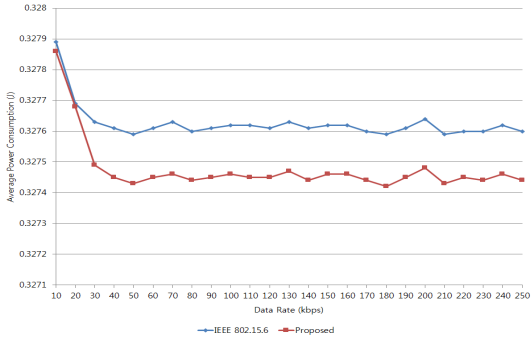


그림 16. 동일한 전송률을 갖는 노드들의 평균 에너지 소모량 (N=16)

Fig. 16 Amount of average power consumption when nodes have same data rate (N=16)

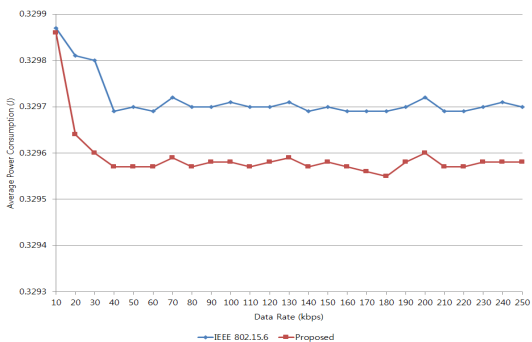


그림 17. 동일한 전송률을 갖는 노드들의 평균 에너지 소모량 (N=24)

Fig. 17 Amount of average power consumption when nodes have same data rate (N=24)

제안하는 MAC 프로토콜은 IEEE 802.15.6보다는 더 많은 네트워크 재구성을 수행하며 재구성하는 과정 중에 패킷은 처리되지 못하며 노드에게 슬롯을 할당하는 구간에서는 데이터 패킷을 전송하지 못하기 때문에 허브로 수신되는 패킷의 수가 비약적으로는 증가하지는 못한다.

그림 15부터 그림 17은 WBAN을 구성하는 노드 수가 8개, 16개, 24개이고 노드의 전송률을 동일하게 10kbps부터 250kbps로 10kbps 간격으로 변화시켰을 때 노드의 평균 에너지 소모량을 나타낸다. 그래프에서 N은 노드 수를 나타낸다. 다중 WBAN 환경에서는 이동 중 네트워크를 구성하는 노드의 수가 가변적으로 변하게 되며 단일 WBAN 환경보다 노드가 더 많은 경쟁을 하며 더 많은 에너지를 소모하게 된다. 또한 노드의 전송률이 증가할수록 에너지 소모량은 증가하게 된다. 제안하는 MAC 프로토콜을 기반으로 하는 노드로 구성된 네트워크는 IEEE 802.15.6 MAC 프로토콜을 기반으로 하는 노드로 구성된 네트워크에서 노드의 패킷 전송 충돌을 감소시켜 더 많은 패킷을 전송하는데 성공했음에도 불구하고 더 적은 에너지를 소비했음을 알 수 있다.

표 3. 다중 WBAN 환경에서 노드들이 동일한 전송률을 가질 때 시뮬레이션 파라미터

Table. 3 Simulation parameters when all nodes have same data rate in multiple WBAN

데이터 전송률 (kbps)	노드 수							
	8개	16개	24개	32개	40개	48개	56개	64개
10	node [1]	node [1,2]	node [1-3]	node [1-4]	node [1-5]	node [1-6]	node [1-7]	node [1-8]
40	node [2]	node [3,4]	node [4-6]	node [5-8]	node [6-10]	node [7-12]	node [8-14]	node [9-16]
70	node [3]	node [5,6]	node [7-9]	node [9-12]	node [11-15]	node [13-18]	node [15-21]	node [17-24]
110	node [4]	node [7,8]	node [10-12]	node [13-16]	node [16-20]	node [19-24]	node [22-28]	node [23-32]
140	node [5]	node [9,10]	node [13-15]	node [17-20]	node [21-25]	node [25-30]	node [29-35]	node [33-40]
170	node [6]	node [11,12]	node [16-18]	node [21-24]	node [26-30]	node [31-36]	node [36-42]	node [41-48]
210	node [7]	node [13,14]	node [19-21]	node [25-28]	node [31-35]	node [37-42]	node [43-49]	node [49-56]
250	node [8]	node [15,16]	node [22-24]	node [29-32]	node [36-40]	node [43-48]	node [50-56]	node [57-64]

4.3. 노드가 서로 다른 전송률을 가지는 경우

이동성을 가진 노드가 서로 다른 전송률을 가지고 WBAN을 구성하고 있는 다중 WBAN 환경에서 노드의 수가 8개, 16개, 24개일 때의 상황을 구성하여 성능을 평가하였다. 표 3은 다중 WBAN 환경에서 서로 다른 전송률을 가진 노드의 전송률 구성을 나타낸다.

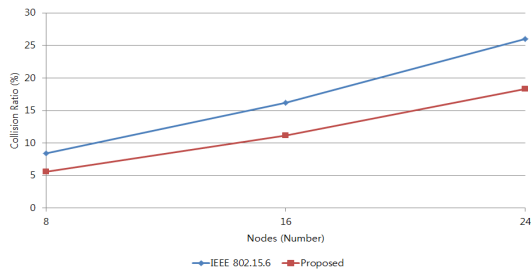


그림 18. 노드들이 서로 다른 전송률을 가질 때 충돌 발생 비율
Fig. 18 Collision occurrence ratio when nodes have different data rate

그림 18은 네트워크를 구성하는 노드가 서로 다른 전송률을 가지고 있을 때 노드가 허브에게 패킷을 전송할 때 발생한 충돌 비율을 나타낸다. WBAN이 이동하면서 다른 WBAN을 만나기 때문에 충돌 발생 비율은 단일 WBAN일 때보다 증가하게 된다. 제안하는 MAC 프로토콜을 사용하는 노드는 이동 중에 다른 WBAN을 만나게 되면 WBAN 병합 알고리즘을 수행하여 IEEE 802.15.6 MAC 프로토콜을 사용하는 노드보다 전송 충돌 발생 비율이 낮으며 고정되어 있는 단일 WBAN 환경보다는 이동성을 가진 모바일 WBAN 환경에서 더 좋은 성능을 내는 것을 볼 수 있다.

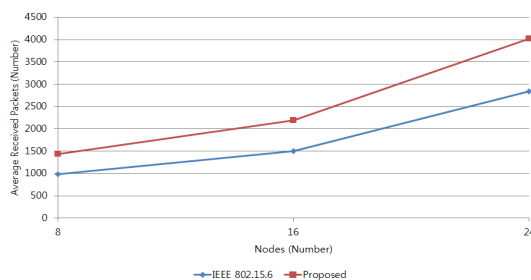


그림 19. 서로 다른 전송률을 가지는 노드들로부터 수신한 평균 패킷 수
Fig. 19 Average received packets from nodes have different data rate

그림 19는 네트워크를 구성하는 노드가 서로 다른 전송률을 가지고 있을 때 허브가 노드로부터 받은 평균 패킷 수를 나타낸다. 제안하는 MAC 프로토콜은 노드가 서로 다른 전송률을 가지고 있고 이동성을 가지는 WBAN 환경에서 IEEE 802.15.6 MAC 프로토콜보다 높은 성능 향상을 기대할 수 있음을 알 수 있다. 그림 20을 통해 이동성을 가진 WBAN 환경에서 제안하는 MAC 프로토콜을 가지고 네트워크 병합 알고리즘을 수행할 때 패킷을 전송 성공률이 더 높은 것을 볼 수 있다. 제안하는 슈퍼프레임 구조를 갖는 노드는 정해진 스케줄링에 따라서 자신이 소유한 슬롯에서 데이터 전송을 시도하기 때문에 더 많은 데이터 전송의 기회를 가지게 된다. 네트워크 충돌 상황을 더 많이 감지할 수 있고 네트워크 재구성을 통해 노드의 데이터 프레임 충돌 상황을 줄일 수 있다. 하지만 제안하는 네트워크 재구성 알고리즘은 이미 충돌상황을 벗어났음에도 불구하고 네트워크 재구성을 하는 상황이 발생할 수 있으며 이로 인해서 노드의 데이터 전송 기회가 줄어들 수 있는 확률은 늘어난다. 네트워크를 재구성하고 슬롯을 요청하는 Request Slot 구간동안에는 노드가 허브로 의뢰용 메시지를 전송할 수 없기 때문이다.

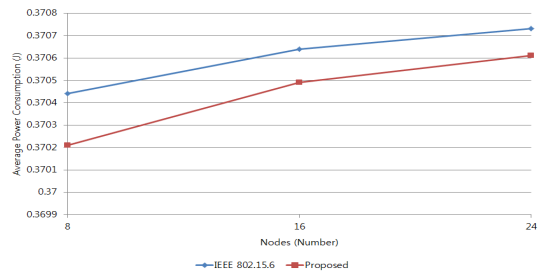


그림 20. 서로 다른 전송률을 갖는 노드들의 평균 에너지 소모량
Fig. 20 Amount of average power consumption when nodes have different data rate

그림 20은 네트워크를 구성하는 노드가 서로 다른 전송률을 가지고 있을 때 노드가 소모한 평균 에너지 소모량을 나타낸다. 이동성을 가지는 다중 WBAN 환경에서는 노드가 고정되어 있는 단일 WBAN 환경보다 노드 수가 증가할수록 더 많은 에너지를 소모하게 된다. 그림 20을 통해 제안하는 MAC 프로토콜을 기반으로 하는 노드는 전송률에 따라서 백오프 파라미터를 달리해서 전송 충돌을 줄여 패킷 재전송으로 인해 발생하는

에너지 소모를 감소시켰기 때문에 허브로 더 많은 패킷을 전송함에도 불구하고 에너지 소모율은 더 적다는 것을 볼 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 이용자의 모바일 장치를 중심으로 구성된 WBAN 환경에서 착용형 장치가 의료 데이터를 효율적으로 전송하는 것을 지원하기 위해 WBAN을 위한 MAC 프로토콜을 설계하였으며 제안한 MAC 프로토콜을 기반으로 하는 네트워크 병합 알고리즘을 제안하였다. 첫째, 응급 메시지와 주기적인 데이터의 전송을 지원하기 위하여 노드에게 할당된 슬롯에서 데이터 전송을 보장받는 TDMA 기반의 경쟁구간과 노드가 경쟁을 통해 데이터를 전송하는 경쟁구간을 갖는 슈퍼프레임 구조를 제안하였다. 둘째, 제안하는 슈퍼프레임 구조를 갖는 MAC 프로토콜을 이용하는 WBAN이 이동 중에 다른 WBAN을 만나 네트워크 충돌이 발생하면 허브의 통신 범위 내에 있는 노드를 이용하여 네트워크를 재구성하는 알고리즘을 제안하였다.

제안하는 슈퍼프레임 구조와 알고리즘의 성능평가를 위해서 OMNeT++ 네트워크 시뮬레이션 프레임워크 기반의 Castalia를 사용하였다. 성능평가를 위해서 제안하는 MAC 프로토콜을 사용한 경우와 IEEE 802.15.6을 사용한 경우를 비교하였다. 제안하는 MAC 프로토콜의 성능 분석을 위해서 단일 WBAN 환경과 다중 WBAN 환경에서 이동성을 가진 WBAN이 이동 중에 다른 WBAN을 만났을 경우를 가정하여 동일한 전송률을 가지고 데이터를 전송하였을 때와 다른 전송률을 가지고 데이터를 전송하였을 때를 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 제안한 MAC 프로토콜을 사용했을 때가 IEEE 802.15.6을 사용했을 때 보다 많은 패킷을 전송하였으며 노드의 패킷 전송 성공률이 개선되어 제안한 MAC 프로토콜을 사용했을 때의 성능이 더 우수한 것을 확인할 수 있었다.

현재 모바일 장치를 중심으로 제공되는 건강관리 서비스는 개인을 중심으로 구성된 네트워크 영역을 기반으로 하고 있으며 네트워크 충돌 및 합병에 대한 논의를 다루고 있지 않고 있다. 향후 서비스의 확대와 병원과 같은 사람들이 많이 모여서 형성된 네트워크 영역에

서는 기존과 다른 모바일 환경을 지원하기 위한 방안이 필요하다. 향후 제안된 슈퍼프레임 구조와 네트워크 합병 알고리즘을 이용한 네트워크로 구성된 필드에서 실측을 통한 성능 평가 결과를 비교하려고 한다.

REFERENCES

- [1] J. M. L. P. Caldeira, J. J. P. C. Rodrigues, and P. Lorenz, "Toward ubiquitous mobility solutions for body sensor networks on healthcare," *IEEE Communications Magazine*, vol. 50, no. 5, pp. 108-115, May. 2012.
- [2] N. J. Park, M. K. Lee, D. S. Han, and C. H. Cho, "A mobile healthcare questionnaire service framework using composite Web services," *e-health Networking, Applications and Services, 10th International Conference on*, pp. 8-12, July. 2008.
- [3] S. Sultan, and P. Mohan, "How to interact: Evaluating the interface between mobile healthcare systems and the monitoring of blood sugar and blood pressure," *Mobile and Ubiquitous Systems: Networking & Services, MobiQuitous, 6th Annual International*, pp. 1-6, July. 2009.
- [4] L. Ilvonen, J. Groop, and P. Lillrank, "Mobile Services Provide Value by Decoupling the Time and Location Constraints in Healthcare Delivery," *eHealth, Telemedicine, and Social Medicine, International Conference on*, pp. 216-219, Feb. 2009.
- [5] Y. Y. Shieh, F. Y. Tsai, Arash, M. D. Wang, C. and M. C. Lin, "Mobile Healthcare: Opportunities and Challenges," *Management of Mobile Business, International Conference on*, pp. 9-11, July. 2007.
- [6] H. C. Shih, and Y. H. Ching, "Coloring-Based Inter-WBAN Scheduling for Mobile Wireless Body Area Networks," *Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions on*, vol. 24, no. 2, pp. 250-259, May. 2012.
- [7] B. de Silva, A. Natarajan, and M. Motani, "Inter-User Interference in Body Sensor Networks: Preliminary Investigation and an Infrastructure-Based Solution," *Wearable and Implantable Body Sensor Networks, Sixth International Workshop on*, pp. 35-40, June. 2009.
- [8] F. Gengfa, E. Dutkiewicz, Y. Kegen, R. Vesilo, and Y. Yiwei, "Distributed Inter-Network Interference Coordination for Wireless Body Area Networks," *Global Telecommunications Conference, 2010 IEEE*, pp. 1-5, Dec. 2010.
- [9] D. Y. Kim, and J. S. Cho, "WBAN Meets WBAN: Smart

Mobile Space over Wireless Body Area Networks," *Vehicular Technology Conference Fall, 2009 IEEE 70th*, pp. 1-5, Sept. 2009.

[10] 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," *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, vol. 13, no. 6, pp. 915-925, Nov. 2009.



정필성(Pil-Seong Jeong)

2004년 2월 : 서울과학기술대학교 전자공학과(공학사)
2007년 8월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학석사)
2013년 8월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학박사)
2009년 3월 ~ 현재 : (주)삼안 플랜트부
※ 관심분야 : 임베디드 시스템, WSN, WBAN



김현규(Hyeon-Gyu Kim)

1997 : 울산대학교 전산학과(학사)
2000 : 울산대학교 전산학과(석사)
2001~ 05 : LG전자 선임연구원
2010 : KAIST 전산학과(박사)
2012년 9월 ~ 현재 : 삼육대학교 컴퓨터학부 조교수
※ 관심분야 : Database, IT Convergence 등



조양현(Yang-Hyun Cho)

1982년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학사)
1985년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학석사)
2012년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과(공학박사)
1987년 9월 ~ 997년 8월 : LG정보통신 전송기술개발실 과장
1997년 9월 ~ 현재 : 삼육대학교 컴퓨터학부 교수
※ 관심분야 : 컴퓨터네트워크, 통신망(BcN), GMPLS