

# WBAN에서 응급데이터 퍼스트 우선순위 MAC을 위한 공정한 경쟁 채널 할당 방법

이정재\*

A Fair Contention Channel Assignment Scheme for Emergency data - First-Priority  
MAC in Wireless Body Area Networks

Jung-Jae Lee\*

요 약

우선 순위 기반 MAC프로토콜에서 경쟁이 심한 경쟁접근구간은 더 많은 수의 충돌 및 재전송을 초래할 수 있다. 경쟁접근구간 동안 우선순위가 높은 트래픽은 우선순위가 낮은 트래픽을 지배하여 우선 순위가 낮은 트래픽이 고갈되어 WBAN 처리량, 지연 및 에너지 소비에 악영향을 미친다. 따라서 본 논문에서는 우선 순위가 낮은 트래픽에 대한 공정한 기회를 제공하기 위해 경쟁접근구간에서 경쟁을 줄이는 응급데이터-퍼스트-우선 순위 MAC(: EFP-MAC) 슈퍼 프레임 구조를 제안한다. 시뮬레이션 결과는 제안 된 EFP-MAC이 IEEE 802.15.4 표준에 비해 낮은 에너지 소비, 높은 처리량 및 낮은 대기 시간을 달성함을 보인다.

ABSTRACT

A Contention Access Period(: CAP) with high contention in priority-based MAC protocols can result in higher number of collisions and retransmissions. High-Priority traffic dominates low-priority traffic during CAP depleting low-priority traffic, adversely affecting WBAN throughput, delay, and energy consumption. This paper proposes a Emergency data-First-Priority MAC(: EFP-MAC) superframe structure that is able to reduce contention in the CAP period, and provides a fair chance for low-priority traffic. As a result, the proposed Emergency data-First Priority MAC(: EFP-MAC) The Simulation results show that the proposed MAC achieves lower energy consumption, higher throughput and low latency than the IEEE 802.15.4 standard.

키워드

CAP, MAC, IEEE 802.15.4, EFP-MAC

경쟁 접근 구간, 매체 접근 제어, IEEE 802.15.4,응급 퍼스트 우선 순위 매체 접근 제어

## 1. 서 론

무선인체통신망(WBAN)은 특수목적의 센서 네트워크 응용분야로 근거리인체통신, 저전력 에너지 소비 및 신뢰성 높은 무선 통신이 헬스케어의 핵심 기술로

부상하고 있다. 전력 효율성, 보안 및 안전을 갖추고 상호연결(2-5 m)을 제공하는 WBAN은 언제 어디서나 건강 관리 서비스를 제공하는 핵심 기술로 간주되며, WBAN은 특히 노인의 삶의 질, 의료 서비스 향상에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. WBAN구성

\* 교신저자 : 송원대학교 컴퓨터정보학과  
• 접수일 : 2018. 08. 03  
• 수정완료일 : 2018. 09. 08  
• 게재확정일 : 2018. 10. 15

• Received : Aug. 03, 2018, Revised : Sep. 08, 2018, Accepted : Oct. 15, 2018  
• Corresponding Author : Jung-Jae Lee  
Dept. of Computer Information, Songwon University  
Email : jjalee@songwon.ac.kr

은 감지 및 모니터링 할 수 있는 의료 센서집합으로 이들 센서는 데이터를 표시, 저장할 수 있는 의료시스템에 정보를 전달하는데 사용되는 통신 보드와 안테나와 데이터 처리부로 구성된다. 이러한 WBAN은 치명적인 질병을 포함한 여러 분야의 진단을 위해 환자의 인체 내부 또는 인체 외부에 근접하여 실시간 건강 모니터링 서비스를 제공하고 있다[1].

IEEE 802.15.1 표준을 기반으로 한 블루투스(Bluetooth)는 단거리 응용, 소형 장치용으로 설계되었고, 블루투스 기기의 복잡성은 더 높은 비용을 초래하고, 더 낮은 전력 소비와 적은 비용을 요구하는 애플리케이션에는 부적합하다[1]. 초 광대역(UWB)으로 알려진 IEEE 802.15.3의 사양은, 고속데이터 전송은 수용하지만 저속 데이터 전송률을 요구하는 응용 적합하지 않다[2]. 저속 무선 개인 영역 네트워크(LR-WPAN)는 단거리, 저전력 및 저속 데이터 통신을 지원하지만 증가하는 대량의 데이터 수요를 충족시키기 위해서 IEEE 802.15.4가 제안되었다[2]. WBAN의 프로토콜 세부 사항은 새로운 WBAN 시스템을 설계하기 위한 진화된 접근 방법으로 IEEE 802.15.4 표준은 에너지 효율성, 확장성, 설계유연성 때문에 WBAN에 널리 사용된다.

IEEE 802.15.4는 근거리 무선 통신을 위한 물리적(PHY) 및 MAC(: Media Access Control) 계층으로 구성되고 물리 계층은 주로 에너지 검출, 명확한 채널 평가, 채널 선택 및 링크 품질 표시등의 서비스를 제공하며 센서 네트워크인 인체동작공간 10m의 저전력 무선 개인 영역 네트워크(WPAN)에 대한 솔루션을 제공한다. 이러한 표준은 현재 IEEE 802.15.4에 WBAN의 모든 엄격한 네트워크 요구 사항을 충족시킬 수 없으며 응급사태 처리 또는 불규칙한 긴급 트래픽에서는 심각한 상황을 초래할 수 있다. WBAN 센서에 의한 트래픽의 종류는 정상, 주문형, 응급 트래픽이 있으며. 정상적인 트래픽은 센서 노드가 수집한 일상적인 온도, 포도당 및 혈압과 같은 개인건강 상태의 주기적 모니터링 데이터로 구성된다. 주문형 트래픽은 심전도(ECG), 및 근전도(EMG)등을 얻기 위해 코디네이터에 의해 요청된다. 반면, 응급트래픽은 예측할 수 없는 몇가지 중대한 응답으로 언제든지 발생할 수 있는 산소 포화도, 심정지 등이 있다.

IEEE 802.15.4는 트래픽 우선 순위 지정 및 서비스

차별화를 위한 기본 메커니즘을 제공하지 않으므로 응급 트래픽을 처리 할 수 없거나 예측할 수 없는 트래픽 상황으로 인해 대기 시간이 늘어날 수 있으며 이로 인해 개인의 건강관리에 심각한 상황을 초래할 수 있다[3].

IEEE 802.15.4는 트래픽 우선 순위 메커니즘이 없기 때문에 응급이 필요한 비상 데이터는 매체에서 우선 순위가 부여 된 접근을 하지 못하기에 긴급 데이터 처리에 차별화된 MAC 프로토콜이 필요하다. IEEE 802.15.4의 단점을 해결하기 위해 우리는 CAP 기간 동안 경합을 줄일 수 있는 응급데이터-퍼스트 우선순위기반 MAC 프로토콜(EFP-MAC)을 제안한다. 제안 된 MAC 프로토콜은 낮은 우선 순위 트래픽에서도 CAP 주기를 CAP1,CAP2를 나누어 전용 경합 액세스 기간을 제공함으로써 트래픽 획득에 공정한 기회를 제공한다. 새로운 MAC 슈퍼프레임 구조는 대응하는 긴급 이벤트와 상관 된 트래픽을 전송하기 위해 비활성 구간에서 전용 전송 슬롯(DTS) 할당을 유발하는 긴급 이벤트 데이터를 전송하기 위한 긴급 충돌 기간(ECP)을 제공한다. 제안 된 방법은 특히 WBAN을 위해 IEEE 802.15.4 MAC을 수정하여 인체의 외부 또는 내부에서 단거리, 저전력 및 신뢰할 수 있는 무선 통신을 지원하도록 설계하였다. 2장에서는 관련연구와 3장에서는 제안 된 EFP-MAC 슈퍼 프레임 구조에 대해 설명하고, 4 장에서는 실험결과를, 5 장에서는 결론을 맺는다.

## II. 관련연구

많은 MAC 프로토콜들, 예를 들면 DQBAN(: Distributed Queuing Body Area Network Protocol)[4], EELDC-MAC(: Energy-efficient Low Duty Cycle MAC protocol)[5], Priority-based MAC[6]등이 WBAN을 지원하기 위해 제안되었다.

이러한 MAC프로토콜은 모든 트래픽의 특성을 고려하기 위해서 CSMA/CA(: Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)[7]와 TDMA(: Time Division Multiple Access)를 동시에 사용한다. TDMA는 CSMA/CA보다 에너지 효율성, 대역폭 활용, 네트워크 처리량에서 우수하지만 TDMA는 네트

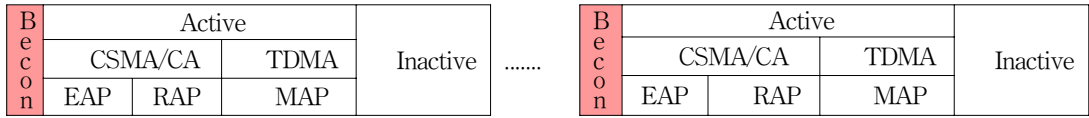


그림 1. IEEE 802.15.6과 WBAN 적용  
 Fig. 1 The IEEE 802.15.6 is applied to WBAN

워크가 변경하는 환경에는 적응성이 부족하다는 단점이 있다. 주기적 트래픽과 랜덤 트래픽의 다양한 요구를 충족하기 위해 많은 IEEE 802.15.6기반 하이브리드 MAC, CSMA/CA 및 TDMA의 장점을 통합한 프로토콜이 제안되었다[8].

TDMA는 이러한 프로토콜을 통해 트래픽을 처리하여 충돌을 방지하고 에너지 소비량을 줄이며 CSMA/CA는 랜덤 이벤트 및 시간 슬롯 요청, 시간 슬롯 해제, 노드 연결 요청, 노드 연결 해제로 인한 트래픽을 처리하기 위해 채택되었다. 그림 1에서 IEEE 802.15.6은 하이브리드 MAC 프로토콜이 낮은 데이터 전송속도의 WBAN에 적용될 때의 시나리오이다.

그러나 IEEE 802.15.6은 저속의 데이터 전송률은 가진 WBAN에 적용할때는 몇가지 단점이 있으며 실시간 수요를 충족시키기 위해서는 짧은 슈퍼 프레임 구조를 사용하는 것이 필요하다. 또한 트래픽 체증이 심한 불필요한 비컨 프레임을 사용함으로써 에너지 소비가 커진다. EAP, RAP 및 MAP에 많은 시간 간격을 할당하는 것도 네트워크 성능에 큰 영향을 미치며 네트워크 성능 길이가 긴 경우 통신자원낭비가 발생할 수 있고, 네트워크 길이가 짧은 경우도 긴 지연과 심지어 프레임 손실을 가져온다. 게다가, 저속의 데이터 전송속도 WBAN의 웨이크업을 위해서는 저속데이터 전송속도 모니터링 노드가 특정 이벤트가 감지되는 경우 빠르게 높은 데이터 속도의 모니터링 모드로 활성화 할 수 있어야 한다. 이러한 메커니즘은 일정량의 인슐린을 체내에 주입하는 할 때 액추에이터가 구동하는 데 사용될 수 있으며 TSCH( Time-Slotted Channel Rounting)는 매체 접근 제어 모드 중 하나로 IEEE802.15.6 표준에 의해 도입되었다[9].

시분할 접근과 채널 hopping을 결합한 TSCH는 예측 가능한 대기 시간, 높은 에너지 효율, 안정적인 통신 및 최고의 네트워크 용량을 제공한다. EFP-MAC은 공유 링크와 연동하는 TSCH와 어느

정도 유사하며 차이점은 TSCH는 산업 또는 차량 내부에서 작동하는 센서 및 액추에이터 네트워크(WSAN) 다중채널 및 무선에 적합하고 EFP-MAC은 하나의 채널에서만 작동하며 저속의 데이터 전송률의 의료 모니터링 WBAN에 적합하다. 또한 CSMA/CA는 TSCH의 공유 링크에 사용되고 Aloha는 EFP-MAC에 채택되었다. 수면 모드를 활성화하는 효과적인 기법인 웨이크 업 라디오는 일부 MAC 프로토콜에 의해 이용되었다. 이 메커니즘의 주요 단점은 노드 비용 및 노드 크기가 증가한다는 점이고 일부 다른 MAC 프로토콜은 웨이크업 라디오와 별개로 설계되었다. 이러한 프로토콜의 경우 실시간 요구 사항을 추가 시간 슬롯을 슈퍼 프레임에 삽입함으로써 달성 될 수 있다. 이들의 단점은 다수의 노드를 가진 WBAN을 수용하기에 적합하지 않으며 액추에이터 노드의 요구 사항을 고려하지 않고 낮은 데이터 전송률 모니터링 모드의 특성을 최대한 활용하지 못했다. Zhang, C.Q[10]은 긴급 의료데이터 모니터링을 위한 MEM-MAC이, 전송지연을 줄이고 에너지 효율적인 WBAN MAC 프로토콜을 설계했다. 그러나 응급 의료 트래픽이 높을수록 MEM-MAC의 성능이 매우 빨리 저하되며 MEM-MAC의 슈퍼프레임은 고정 구조이기 때문에 MEM-MAC만이 높은 데이터 전송속도 모니터링 노드가 없는 긴급의료 모니터링 WBAN을 수용한다.

### III. 제안된 EFP-MAC

#### 3.1 슈퍼 프레임 구조 및 동작

하이브리드 WBAN MAC 프로토콜은 비컨모드에서 통신은 슈퍼 프레임 구조를 정교하게 관리 및 규제 할 수 있는 코디네이터에 의해 제어되며 코디네이터는 시간 동기화 및 네트워크 제어를 위해 비콘을 전송한다. 비컨모드에서 슈퍼 프레임은 활성화 구간과

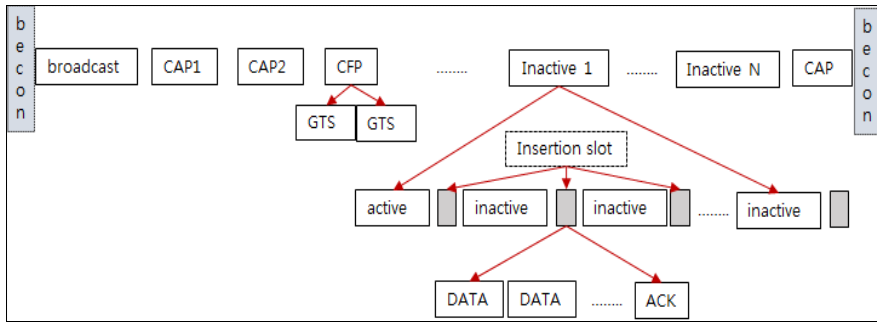


그림 2. 제안된 EFP-MAC 슈퍼프레임 구조  
 Fig. 2 The Proposed EFP-MAC Superframe Structure

비활성 구간으로 구성되고 통신은 활성 주기동안 이루어지고 에너지를 절약하기 위한 비활성주기가 길게 설정하게 되면 이로 인해 실시간 성능이 저하되고 실시간 요구를 보장하기 위해 수퍼 프레임의 길이는 너무 길면 안되며, 이것은 비컨을 자주 송수신하므로 에너지 낭비를 일으킨다. 년-비컨 모드와 비교할 때, 비컨모드의 단점은 비컨에서 낭비되는 에너지와 노드에서 코디네이터로의 전송지연이 생기게 되는데 비컨모드의 장점을 취하고 단점을 극복하는 효과적인 메커니즘인 EFP-MAC은 저속 데이터 전송속도로 작동하는 노드의 요구를 충족시킬 수 있다.

그림 2는 제안된 EFP-MAC의 기본 수퍼 프레임 구조이며 WBAN의 모든 노드들은 저속 데이터 속도 모니터링 모드에서 작동하며 수퍼 프레임은 제어정보를 갖는 비컨 프레임으로 가동한다. 비컨 프레임 다음에 선택사항으로 broadcast 구간, CAP1, CAP2, Contention-Free Period(: CFP), Guaranteed Time Slots(: GTS)구간을 둔다. broadcast구간과 CFP구간의 길이는 비컨 프레임내부에 포함되며 CFP안의 GTS시간슬롯은 긴 프레임을 전송하기 위해서 다른 모드에 할당된다. 코디네이터가 대량의 broadcast 데이터를 생성하거나 혹은 수퍼 프레임 동안 외부 네트워크로부터 이러한 데이터를 수신하면 코디네이터는 현재 수퍼 프레임을 거부하고 선택적인 broadcast 구간이 enable된 새로운 수퍼 프레임을 시작한다. 현재의 수퍼 프레임의 노드 N은 노드 N에 의해 생성된 대량의 데이터가 있는 경우 노드 N은 일부 GTS 시간 슬롯들이 큰 수퍼 프레임을 송신하는데 필요하다고 판단하여 노드 N은 이들 데이터의 추가 처리를 위해

조정자에게 GTS요청을 전송한다. 다음단계에서 코디네이터는 현재 수퍼 프레임을 종료하고 일부 GTS 슬롯 노드 N에 대해 데이터를 전송하도록 할당된다.

다음 단계는 대부분의 수퍼 프레임을 차지하는 긴 inactive단계로 모든 노드가 낮은 데이터 전송속도 모니터링 모드에서 작동 할 때 트래픽이 적으므로 긴 inactive기간은 코디네이터와 노드가 에너지를 절약 할 수 있는 구간이다. 트래픽의 실시간 요구를 충족시키기 위해, 삽입 타임 슬롯은 데이터를 전달하기 위해 inactive구간에 삽입된다. 선택사항인 CAP기간은 CSMA/CA를 사용하여 전달할 데이터를 가진 노드가 공유되며 이러한 CAP 기간은 CAP1,CAP2로 분류되며 낮은 우선순위와 높은 우선순위가 할당되고 하나의 수퍼 프레임에서 프레임 충돌이 발생할 때 활성화된다. 그림 2의 표시된 수퍼 프레임 구조는 이러한 경우를 위해 설계되었다.

그림 2로부터 하나의 삽입 슬롯은 하나의 데이터(DATA)섹션 및 하나의 확인 응답(ACK) 섹션으로 구성되며, 데이터 섹션은 다중 데이터 하위 섹션을 포함한다. DATA 하위 섹션은 코디네이터 및 노드에 대한 저속 데이터를 전달하는 데 사용되고 WBAN의 낮은 데이터 속도 모니터링 트래픽이 저속이면 하나의 삽입 시간 슬롯에 하나의 DATA 하위 섹션만 구성 할 수 있다. 몇몇 경우에 EFP-MAC은 하나의 DATA 하위섹션은 삽입 시간 슬롯에 설치될 경우에만 MEM-MAC과 매우 유사하나 EFP-MAC은 MEM-MAC이 사용하는 의료 응급 트래픽보다 더 빠른 저속데이터 전송속도 모니터링 트래픽을 처리하도록 설계되었다. 이를 위해 EFP-MAC은 하나의 삽입

시간 슬롯에 여러 개의 DATA 하위섹션을 설치할 수 있는 기능을 갖도록 하였다. 저속 데이터 전송속도 모니터링 트래픽이 높은 경우 증가하는 트래픽을 처리하기 위해 많은 DATA 하위 섹션의 수가 증가하게 되며 트래픽이 감소할수록 삽입 시간 슬롯의 길이를 줄이기 위해 DATA 하위 섹션의 수를 조정한다. 에너지를 절약하기 위해 하나의 ACK 섹션은 코디네이터가 모든 노드를 확인하기 위해 설치되고 삽입 시간 슬롯에 여러 DATA 하위 섹션이 있는 경우, ACK 섹션은 코디네이터가 모든 잠재적 노드를 확인하는 데 사용된다. 삽입 시간 슬롯의 하나의 DATA 하위 섹션에서 전송된 프레임의 전체 길이는 10 바이트이며, 4개의 필드로 나누어지고 데이터 필드 길이는 52비트이다. 빅 데이터를 전달하기 위해 전달 노드는 GTS 요청을 생성하여 코디네이터에게 전송하며 우선 순위 클래스 값이 GTS요청에 포함되며, 코디네이터는 이 값을 판단하고 다음 슈퍼 프레임안에 GTS 시간 슬롯을 할당하여 새로운 슈퍼 프레임의 GTS 슬롯을 사용하여 전송된다. 삽입 시간 슬롯에 여러 DATA 하위 섹션이 설치된 경우 코디네이터는 동일한 ACK프레임을 사용하여 여러 노드를 확인 응답하고 이를 위해 EFP-MAC은 WBAN의 노드 N에 시퀀스 번호  $i$ 를 할당하고 데이터의  $i$  번째 비트를 지정한다. 코디네이터는  $i$  번째 비트를 노드 N을 확인 응답하는 것으로 설정하며 그런 다음 노드 N이 하나의 DATA 하위 섹션을 사용하여 코디네이터에게 프레임을 전송하면 ACK 프레임을 수신하고  $i$  번째 비트를 확인한다.

EFP-MAC은 작은 데이터 프레임이나 제어 프레임을 코디네이터에서 한 노드로 전송하는 방법이고 프레임은 다운로드 삽입 시간 슬롯을 사용하여 전송되며 이러한 동작은 액츄에이터 노드를 구동하는 데 사용한다. 다음으로 노드가 EFP-MAC을 사용하여 노드 A가 대량의 응급 데이터를 전송하는 경우 데이터 크기 및 우선 순위  $p$ 를 포함하는 GTS 요청 프레임은 업로드 삽입 슬롯의 DATA 하위 섹션을 사용하여 코디네이터에게 전송된다.

EFP-MAC은 응급 상황이 발생했을 때 노드를 빠르게 반응시키는 메커니즘으로 이러한 메커니즘은 코디네이터에서 모든 노드로 네트워크 명령의 실시간 브로드 캐스팅에 의해 수행된다.

## IV. 실험결과

저속 저전력 개인 영역 네트워크를 포함한 무선 네트워크의 시뮬레이션을 지원하는 시뮬레이터인 NS-3.0기반 C++ 및 Python 스크립팅 인터페이스를 사용하여 EFP-MAC의 성능을 평가한다. 2.4 GHz 대역, 250 kbps, 네트워크의 노드는 하나의 트래픽만 생성한다고 가정하며 모든 생체 의학 센서가 인체에 부착되어 있다고 가정한다. 실험에서 Mesh토폴로지와 WBAN 코디네이터로 구성되며, 각 시뮬레이션은 100 초 동안 실행되고, 모든 시나리오의 패킷 크기는 512 바이트, 초기 에너지는 1 Joule이다.

슈퍼 프레임의 활성 기간은 16개의 시간 슬롯으로 구성되며, 각각의 단위 백 오프 기간은 20개의 심볼 구간으로 구성된다. 2.4GHz에서 동작하는 IEEE 802.15.4의 각 심볼은 4비트의 데이터로 구성되며 심볼 속도는 62.5K(symbols/s),슈퍼프레임 듀레이션은 122.8ms, UnitBackoff 주기 20 Symbols, MaxCSMABackoffs는 5, 전송전력소비는 123mA, 수신전력소비 14mA이고 Beacon size 40 Bytes이다[11].

시나리오에서, EFP-MAC 프로토콜은 10, 20, 30, 40, 50 및 60, 70의 다양한 노드 수를 사용하여 512 바이트의 일정한 패킷 크기로 시뮬레이션 한다.

### 4.1 평균 네트워크 처리량

평균 네트워크 처리량은 그림 3과 같이 두 가지 MAC 체계 모두 네트워크의 노드 수가 증가하면서 비슷한 평균 네트워크 처리량 추세를 보인다. 두 가지 MAC 방식 모두에 대해 40개의 노드가 있을 때 네트워크 처리량이 증가하고 노드수가 45을 초과하면 더 많은 노드가 채널 접근을 위해 경쟁하므로 충돌 확률이 높아지므로 전체 네트워크 처리량이 저하된다. 그러나 제안된 EFP-MAC은 IEEE 802.15.4 MAC 프로토콜보다 처리량이 향상됨을 보인다. 낮은 우선 순위 트래픽에 대한 CAP2에 제한된 액세스는 전반적인 네트워크 처리량을 향상시킨다.

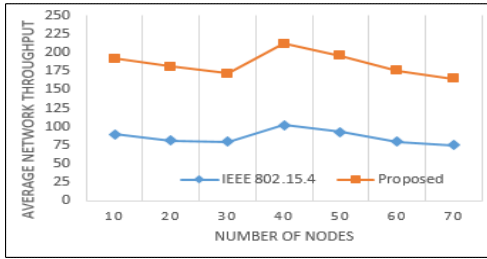


그림 3. 평균 네트워크 처리량.  
Fig. 3 Average Network Throughput.

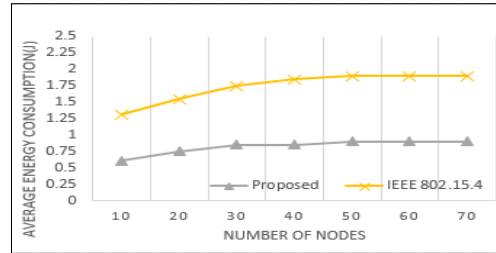


그림 5. 평균 에너지 소비.  
Fig. 5 Average Network Consumption.

### 4.2 평균네트워크 지연

네트워크의 채널 경쟁이 증가하면 센서 노드는 채널 접근을 위해 경쟁하기 위해 더 오랜 기간 동안 백오프하는 경향이 있어 접근지연이 길어진다. 그림 4는 노드 수가 30 일 때 IEEE 802.15.4는 EFP-MAC보다 더 지연된다는 것을 보여준다.

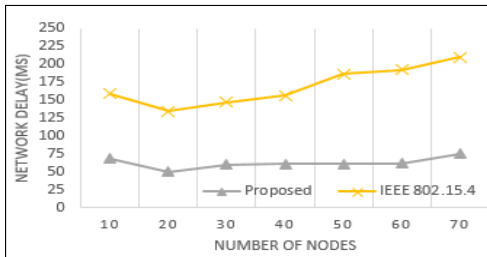


그림 4. 평균 네트워크 지연.  
Fig. 4 Average Network Delay.

### 4.3 평균 에너지 소비

그림 5은 EFP-MAC은 IEEE 802.15.4에 비해 에너지 효율이 높으며 25노드부터 IEEE 802.15.4과 EFP-MAC은 상당한 에너지 소비 차이를 보이게 된다. 40노드의 경우 IEEE 802.15.4는 약 1.5줄 이하의 에너지를 소비하는 반면 EFP-MAC의 에너지 소비는 약 0.8 줄로 유지된다. EFP-MAC의 성공적인 데이터 전송 속도는 더 좋으며 재전송 기회가 적어 에너지 소비가 낮아진 것을 알 수 있다.

## V. 결론

IEEE 802.15.4에 대한 연구를 개선한 EFP-MAC 슈퍼 프레임구조를 제안하였다. 기존의 방법은 CAP 단계에서 우선 순위가 높은 트래픽은 우선 순위가 낮은 트래픽보다 먼저 점유하게 하여 전체 네트워크 성능에 부정적인 영향을 줄 수 있다. 이러한 단점을 개선하고자 본 논문에서는 낮은 우선 순위 및 높은 우선 순위의 트래픽 부하에 따라 CAP 기간을 CAP1 및 CAP2로 동적으로 나누고 CAP2에 우선 순위가 낮은 트래픽을 부여함으로써 대기시간을 감소시켰다. 제안된 EFP-MAC 프로토콜과 기존의 IEEE 802.15.4와 시레이션 결과 제안된 방법이 평균 네트워크 처리량, 에너지 효율성 및 중단 간 지연을 최소화 함을 보였다.

### 감사의 글

본 논문은 2018년도 송원대학교 교내연구비 지원으로 수행하였음.

## References

- [1] S. Park, "Joint Control of Duty Cycle and Beacon Tracking in IEEE 802.15.4 LR-WPAN," *J. of the Korea Institute of Electronics Communication Sciences*, vol 6, no. 2, 2016, pp. 9-10.
- [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, 2015, pp. 1-6.

- [3] J. Lee and I. Kim, "A Study on the CSMA/CA Performance Improvement Based on IEEE 802.15.6," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 11, 2015, pp. 1225-1230.
- [4] B. Ota, L. Alonso, and C. Verikoukis, "Highly Reliable Energy Saving MAC for Wireless Body Sensor Networks in Health-care Systems," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 27, no. 1, 2009, pp. 553 - 565.
- [5] S. Marinkovic, J. Popovici, E.M. Spagnol, C. Faul, and W.P. Marnane, "Energy-efficient Low Duty for Wireless Body Area Networks," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 13, no. 2, 2009, pp 915 - 925.
- [6] S. Bhandari and S. Moh, "A Priority-based Adaptive MAC Protocol for Wireless Body Area Networks," *Sensors*, vol. 16, 2016, pp 401.
- [7] R. Laufer and L. Kleinrock, "The Capacity of Wireless CSMA/CA Networks." *IEEE/ACM Trans. Netw.* vol. 24, 2016, pp. 1518 - 1532.
- [8] O Gama and R. Simoes, "A Hybrid MAC Scheme to Improve the Transmission Performance in Body Sensor Networks." *Wirel. Pers. Commun.* vol. 80, 2014, pp.1263 - 1279.
- [9] S. Sarkar and S. Mirsa, "Performance analysis of IEEE 802.15.6 MAC protocol under non-ideal channel conditions and saturated traffic regime," *IEEE Trans. Comput.* vol. 64, 2015, pp 2912-2925.
- [10] C. Q. Zhang, Y. L. Wang, Y. Q. Liang, M. Shu, and C.F. Chen, "An Energy-efficient MAC Protocol for Medical Emergency Monitoring Body Sensor Networks," *Sensors*. vol. 16, 2016, doi:10.3390/s16030385.
- [11] J. Son, H. Hong, P. Moon, G. Chang, and H. Cho, "Segmentized Clear Channel Assessment

for IEEE 802.15.4 Networks." *Sensors* vol. 16, 2016, doi:10.3390/s16060815.



**이정재(Jung-Jae Lee)**

1986년 조선대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

1989년 조선대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(공학석사)

1997년 조선대학교대학원 전산통계학과 졸업(이학박사)

1997년 송원대학교 컴퓨터정보학과 전임강사

1997년 ~현재 송원대학교 컴퓨터정보학과 부교수

2017년 ~현재 한국정보처리학회이사

※ 관심분야 : 의료영상처리, WBAN헬스케어

