

# 무선 인체통신 네트워크를 위한 복합 우선순위 MAC 기법

정희원 이인환<sup>\*,\*\*\*</sup>, 준회원 이건우<sup>\*\*</sup>, 종신회원 조성호<sup>\*</sup>, 조성래<sup>\*\*</sup>

## Hybrid Priority Medium Access Control Scheme for Wireless Body Area Networks

Inhwan Lee<sup>\*,\*\*\*</sup> *Regular Member*, Gunwoo Lee<sup>\*\*</sup> *Associate Member*  
Sungho Cho<sup>\*</sup>, Sungrae Choo<sup>\*\*</sup> *Lifelong Members*

### 요 약

지난 몇 년간 무선 개인 거리 네트워크는 (WPAN)는 다양한 건강관리 응용분야에서 널리 연구되어왔다. 그러나, 하드웨어 장치의 한계성으로 인해 WPAN의 효율성에 대한 문제점이 도출되었다. 이를 개선하고자 무선 인체 통신 네트워크 (WBAN: Wireless Body Area Network)의 개념이 탄생하였고 이러한 WBAN을 위하여 다용도의 MAC계층 프로토콜을 설계할 필요성이 대두됐다. 더불어, 환자에게 긴급 상황이 발생했을 경우, 최종 목적지로 긴급메세지가 전해지는 우선권을 가진 메커니즘이 필요하게 되었다. 본 논문은 WBAN을 위한 복합 우선순위 MAC이라 일컬어지는 우선순위 메커니즘에 대해 기술한다. 또한, 시뮬레이션의 확장을 통해, 평균 패킷 지연 시간을 최소화 할 수 있는 MAC 프로토콜을 제안한다. 이들을 통해, 환자에게 긴급 상황이 발생했을 때 충분한 도움시간과 의학적 치료지원 시간이 제공 될 수 있도록 한다. NS-2를 기반으로 한 성능평가 시뮬레이션을 통해, 우리의 복합 우선순위 MAC의 뛰어난 성능과 유용성을 입증한다.

**Key Words** : Wireless Body Area Network, Priority MAC, On-body device

### ABSTRACT

Last few years, wireless personal area network (WPAN) has been widely researched for various healthcare applications. Due to restriction of device hardware (e.g., energy and memory), we need to design a highly-versatile MAC layer protocol for WBAN (Wireless Body Area Network). In addition, when an emergency occurs to a patient, a priority mechanism is necessitated for a urgent message to get through to the final destination. This paper presents a priority mechanism referred to as hybrid priority MAC for WBAN. Through extensive simulation, we show the proposed MAC protocol can minimize the average packet latency for urgent data. Thus, when patients have an emergency situation, our MAC allows adequate assistance time and medical treatment for patients. The simulation based on NS-2 shows that our Hybrid Priority MAC has the good performance and usability.

\* 이 논문은 2007년도 교육과학기술부 학술연구조성사업비로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음. (KRF-2008-331-D00383)

\*\* 이 논문은 국토해양부 지능형국토정보기술혁신사업단의 지원을 받아 연구되었음.

\* 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 통신신호처리연구실(ihlee@etri.re.kr, dragon@hanyang.ac.kr)

\*\* 중앙대학교 컴퓨터공학과 유비쿼터스 컴퓨팅연구실(gwlee@uclab.re.kr, srcho@cau.ac.kr), (° : 교신저자),

\*\*\* 한국전자통신연구원 RFID/USN연구부 (ihlee@etri.re.kr)

논문번호 : KICS2010-06-245, 접수일자 : 2010년 6월 1일, 최종논문접수일자 : 2010년 8월 27일

## I. 서 론

WBAN (Wireless Body Area Network) 기술은 미 개척 분야임에도 학계와 산업분야에서 폭넓게 관심을 받고 있다. 원격 의료와 U-Health가 실현되고 있는 것처럼 보건의료 서비스분야에서 이 기술의 수용과 채택은 획기적인 발견으로 간주되어졌다. WBAN은 신체내부나 착용부위에서의 사용을 위해, 짧은 유효범위, 극소 전력, 그리고 높은 신뢰성을 가진 무선 통신을 제공하도록 요구되어진다. 일반적인 통신 범위는 대략 3미터이며 선택적으로 5미터까지 확장 할 수 있다. 다양한 어플리케이션들이 WBAN에 의해 지원될 수 있는데, IEEE 802.15.6은 BAN을 위한 태스크 그룹이다. 무선 인체통신 네트워크(WBAN)에서의 수행능력을 위해 소형화, 실시간 전송, 자동제어, 신체 컨디션을 모니터링 하기위한 in-body와 on-body 센서 노드, 그리고 긴급 상황 시 정보를 발생시키는 것과 같은 통합 환경이 요구된다. In-body 센서는 더 많은 정보를 수집하기위한 눈의 역할을 할 수 있는데, 가격의 제한적인 이유 때문에 상용화되기에는 무리가 있다<sup>[1]</sup>. 그 결과, on-body 모니터링 장치가 상용화를 위한 많은 장점들을(쉬운 인스톨, 실시간 모니터링, 낮은 가격 등) 갖게 되었고, in-body 센서 노드와 on-body 센서 노드는 최종목적지에서 통신을 위한 상이한 채널로서 사용되어졌다.

WBAN에서는 각 어플리케이션 측면에서 환자의 보호, 질병의 예방 그리고 치료가 가장 필수적이다. 현대 과학과 기술들은 WBAN의 어플리케이션이 다양해지도록 만들어주었다. Smart wireless electrocardiography (ECG) patch, body area network for monitoring autonomic nervous system responses, 그리고 autonomous wireless EEG monitor는 이미 실제 어플리케이션이 나와 있다<sup>[2,3]</sup>.

WBAN의 특성에 따른 MAC protocol의 요구사항은 전송 신뢰성 보장, 서비스 품질 보장, 그리고 저 전력 전송 등이 있다. 먼저, IEEE 802.15.6 등의 표준단체에서 권고하는 요구사항은 95%이상의 전송 신뢰성을 보장하고, 응급데이터의 전송 지연시간은 5ms 이하, 그리고 0.392uJ의 낮은 데이터 전송 에너지를 소비하도록 권고하고 있다.

본 논문에서는 이러한 요구사항에 대한 성능평가를 통하여 제안한 기법의 우수성을 확인하였다. 또한, 마치 하나의 채널처럼 on-body에서 메커니즘이 사용되어질 때, 복합 우선순위 미디엄 접근 제어 메커니즘을 제시한다. 우선순위 미디엄 접근은 고정시간 슬

롯 비컨 사이클에 기반하며, 상이한 우선순위 레벨은 상이한 back-off 시간 슬롯을 사용한다. 우리의 비컨 기반 접근에서는 디바이스가 데이터를 코디네이터에게 보낼 때 우선순위 전송을 제공하기위해 CSMA/CA를 사용한다. 그러나, 코디네이터가 디바이스에게 데이터를 보낼 때는 저에너지 소비를 위해 TDMA를 사용한다. 우리의 MAC 프로토콜에서는 어떻게 긴급 정보를 첫 번째로 보내느냐가 중요한 이슈이다. 정보의 넓은 범위를 동기화하여 모니터링 하는 것은 on-body 센서 노드를 사용한다. 환자가 긴급 상황에 처하게 되면 우선순위 MAC을 사용함으로써 즉시 비상 신호를 보내고, 이 신호가 수신되었는지의 유무를 확인한다. 만약 비상 신호가 받아지지 않았다면, 센서 노드는 수신확인이 될 때까지 비상 신호를 다시 보낸다. 이런 식으로, 환자가 긴급 상황에 처했을 때 충분한 도움시간과 의학적 치료시간이 제공될 수 있다.

## II. 관련 연구

현재까지 다양한 우선순위 MAC 메커니즘이 개발되었다. 제안된 메커니즘의 하나는 긴급 상황 동안에 미리 정의된 임계점을 초과하였을 경우 노드가 스스로 작동하도록 하는 것이다. 중요한 데이터는 짧은 대기 시간과 높은 신뢰도를 요구하는데, 핵심은 비상시와 그렇지 않을 경우의 트래픽에 따라 초기 back-off 윈도우를 조정하는 것이다. 비상시가 아닐 때의 트래픽 노드들은 비상시 트래픽 노드보다 더 큰 back-off 윈도우를 갖게 된다<sup>[4]</sup>. 이 메커니즘은 보다 작은 초기 back-off 윈도우를 사용함으로써 비상시 노드들이 좀 더 낮은 지연시간을 갖을 수 있도록 해주었다. 그러나, 이 MAC 설계 디자인에서는 동시에 많은 양의 긴급 데이터가 발생하였을 때 높은 충돌을 야기시킨다. 우리는 실현 가능한 긴급 데이터들의 충돌이 가장 적게 일어나도록 해야 한다.

제안되어진 또 하나의 메커니즘은 우선순위 펄스 MAC 설계이다<sup>[5]</sup>. 이 우선순위 MAC 설계의 다양한 목적들을 이루기 위해 '펄스'를 단일 제어 채널에서 사용함으로써 기본적인 접근을 이룬다. 이 설계에서 언급되어지는 '펄스'는 기본적으로 랜덤 길이의 휴지 상태를 갖는 단조 파동이다. 이러한 새로운 MAC 프로토콜들은 개인적인 패킷들을 위한 제한적인 우선순위 보다는 유니캐스트 흐름들을 위한 통계적인 우선순위를 제공하는데 초점을 맞추고 있다. 펄스 기반의 우선순위 제어 메커니즘과 함께, 이 MAC 설계는 분

산처리방법으로 긴급 상황 패킷들을 위해, 정확한 패킷레벨의 우선순위 스케줄링을 해준다. 그러나, WBAN에서 노드들의 전통적인 수를 위해, 우리는 코디네이터에게 싱클-홉 형태의 장치치를 사용한다. 또한, WBAN에서와는 다르게 이 MAC 설계는 높은 에너지 소비와 높은 지연 시간을 가진다.

전송 지연을 감소시키는 듀얼채널 메커니즘은 다른 논문에서도 제안된 적이 있다<sup>6)</sup>. 긴급 프레임은 데이터 전송을 위해 좁은 주파수대를 사용하는데, 다르게 말하면 긴급 프레임은 넓은 주파수대를 사용하지 않는다. 제안된 설계법은 무선 채널 접근 시간과 전송 지연을 효율적으로 줄인 것에 기반하고 있는 듀얼 채널을 이용한다. 전송을 위한 프레임의 사이즈를 작게 만들고 사용하는 것은 채널 획득 경쟁의 확률과 전송 시간을 충분히 줄일 수 있다.

Manikanden Balakrishnan<sup>7)</sup>은 랜덤 미디엄 접근 시간 동안에 채널 서비스를 선취하는데 사용되는 우선순위 MAC을 제안한 바 있다. Time-critical 센서 어플리케이션 본문에서, 긴급 상황 트래픽은 네트워크 상에서 가장 낮은 채널 접근 대기시간을 보장받기 위해 다른 경로의 트래픽 서비스를 중단시킬 수 있는 특권을 갖는다. 이 MAC 설계법의 고 에너지 소비의 문제로 인해, 디자인 측면에서 우리는 배터리 수명시간을 확장하기 위한 저 에너지 소비를 고려하였다.

EDCA(Enhanced Distributed Channel Access)는 IEEE 802.11e에서 무선 랜의 Qos를 지원하기 위하여 표준화되었다. DPCA(Deterministic Priority Channel Access)는 IEEE 802.11e의 EDCA를 개선하기 위하여 제안되었던 설계기법이다<sup>8)</sup>. DPCA는 멀티미디어 어플리케이션의 채널 접근을 보장하기 위하여 높은 우선순위의 트래픽이 발생하면 낮은 우선순위의 트래픽에게 할당받은 주파수를 이용함으로써 높은 우선순위 트래픽의 Qos를 보장하는 기법이다. 이는 EDCA가 보이스 혹은 실시간 비디오와 같이 높은 우선순위를 가진 데이터에게 결정적으로 채널 접근에 대해 우선순위를 부여하지 않는 것을 보완한다.

이러한 메커니즘들은 각각 교유의 이점을 갖고 있다. 그러나, 긴급 데이터에 대해서 전송 충돌, 실시간 네트워크 수행 능력, 에너지 소비와 긴 대기 시간이라는 몇 가지 문제점들을 갖는다. 그러므로, 우리는 우선순위 MAC에서 긴급 데이터를 위한 짧은 대기시간과 생명과 관련된 중요 데이터를 위해 저 에너지 소비, 주기적인 의학적 데이터와 배터리 수명시간 연장에 대해 디자인해야 한다.

### III. 복합 우선순위 MAC 메커니즘 개요

우리는 고정 시간 슬롯 비컨 싸이클에 기반한 HP-MAC과 각기 다른 back-off 시간 슬롯을 사용하는 상이한 레벨의 우선순위에 대해 제안하였다. 우리의 비컨 기반 접근에서는, 디바이스가 코디네이터에게 데이터를 보낼 때 CSMA/CA기법을 사용한다. 그러나, 코디네이터가 데이터를 디바이스에게 보낼 때는 TDMA기법을 사용한다.

이러한 복합 우선순위 전송의 종류를 가져오는데 있어서 우리가 고정 시간 슬롯 비컨 싸이클을 사용하는 데는 두 가지의 이유가 있다. 첫 번째로, 비상 상황이 항상 나타나지는 않기 때문인데, 만약 한 싸이클의 타임 슬롯이 너무 길다면 비상 상황시에 긴급 정보를 전송하는 것은 빠르게 이루어질 수 없다. 이것은 우선순위 전송이 실패로 돌아간다는 것을 의미한다. 두 번째로, 에너지 소비는 무선 인체 통신 네트워크에서와 같이 이루어진다고 보기 때문이다. 무선 노드들이 긴 시간동안 작업을 할 수 있도록 만들고 에너지 소비의 과잉을 막기 위해 우리는 합리적인 시간 슬롯 비컨 싸이클과 TDMA 형식을 코디네이터에게서 디바이스로의 전송에서 사용한다. 위에서 언급한 두 가지의 사항들이 우리로 하여금 고정 타임 슬롯 비컨 싸이클을 사용하도록 하였다.

HP-MAC(Hybrid Priority MAC)은 스타 형태의 토폴로지를 사용하는데, 참고적으로 코디네이터와 디바이스 간에서만 소통이 이루어진다. 또한, 우리는 소수의 디바이스들만이 사용되어진다고 가정하였다. BAN 코디네이터는 비컨을 보냄으로써 다른 BAN 디바이스들과 조화를 이룬다. 이 비컨은 BAN 디바이스들과 동기화하고 타임 슬롯(전송 슬롯과 리시브 슬롯)을 알려준다. 긴급 데이터를 갖고 있는 디바이스는 Data/ACK 교환을 사용한다. 일반적인 데이터를 갖고 있는 디바이스는 그림 1에 나와 있는 것과 같이 RTS/CTS/Data/ACK 교환을 사용한다. 그림 1에서 보

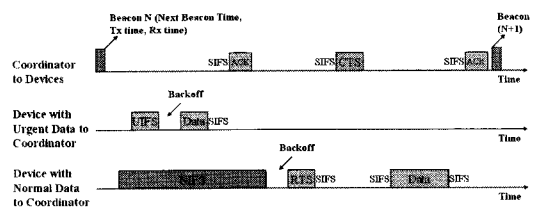


그림 1. 우선순위 전송  
Fig. 1. Priority Transmission

여지듯이 비컨 싸이클의 각 시간 동안에 높은 우선순위를 갖는 데이터를 먼저 보내기위해 상이한 back-off 시간 슬롯 간격을 사용한다. 높은 우선순위를 갖는 데이터가 보내지는 동안에, 평범한 데이터는 back-off를 만들지 말아야한다. 이 타임 슬롯은 NIFS인데, 높은 우선순위를 갖는 데이터가 ACK를 받고 확인한 후에 끝이 나게 된다. 그 후에, 낮은 우선순위를 갖는 데이터가 보내지기 시작한다.

각 비컨 싸이클 시간이 시작되기 전에, 코디네이터는 긴급 노드와 낮은 우선순위 노드를 제어하기 위한 고정 비컨 싸이클 시간 슬롯을 사용할 것이다. 한 싸이클 동안에, 상이한 우선순위 노드들은 다른 시간 간격을 사용함으로써 데이터를 생성한다. 하나의 비컨 싸이클이 끝나고 나면, 코디네이터는 고정 시간 슬롯을 기다리고 다음 비컨을 시작한다.

그림 2는 각 비컨의 구조를 보여준다. 각 비컨은 다음 비컨의 전송시간 및 전송 맵(코디네이터에서 디바이스로의 전송 슬롯 및 디바이스로부터 코디네이터로의 수신 슬롯번호가 나열된 테이블)을 포함한다. 이를 통해 전송/수신에 관여되지 않은 노드들은 sleep 모드에 놓이게 되어 에너지를 절약할 수 있게 된다.

우리의 디자인에서 비컨 싸이클 시간 슬롯들은 시간 간격에서 고정된 형태로 나타난다. 두 개의 비컨 시간 간격이 지나치게 길면, 긴급 데이터 전송이 빠르게 이루어진다는 보장을 할 수 없게 된다. 반대로, 두 개의 비컨 시간 간격이 너무 짧아지게 되면, 데이터 충돌이 나타나게 될 것이다. 비컨 시간 슬롯 싸이즈를 어떻게 조화시키느냐가 중요 사안이다. 최대 효율성(S)와 평균 비컨 기간을 조사하기위해, 항상 각각의 큐에는 오직 한 개의 데이터 프레임이 존재한다고 가정하고, 평균 비컨 기간은 한 스테이션에서 연속된 새로운 두 개의 비컨 기간 동안의 평균 시간으로 정의한다. 리스트에서 n은 스테이션의 수이다. 코디네이터와 디바이스간 무선 링크 채널은 omni와 자기 독립적이라고 가정한다. 후에 나오는 그림 3에서는 각 비컨의 싸이즈와 트래픽이 너무 많을 때 짧은 비컨 싸이클은

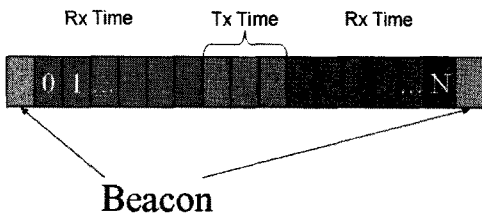


그림 2. 비컨 구조  
Fig. 2. Beacon Structure

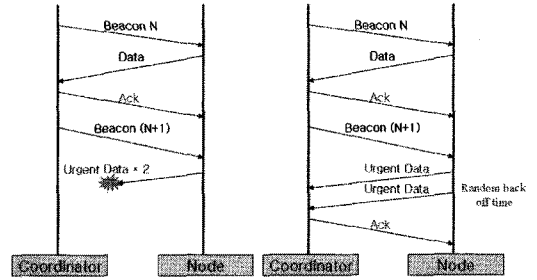


그림 3. 긴급 데이터 에러 회복  
Fig. 3. Urgent Data Error Recovery

이 트래픽을 커버할 수 없음을 보여준다. 이런 이유로, 비컨 싸이클은 현재의 트래픽에 의존하여 조정되어진다.

#### IV. 복합 우선순위 MAC 프로토콜 플로우 차트

우리의 우선순위 MAC이 긴급 데이터를 정확하게 제공하고, 우선순위대로의 전송이 가능하도록 만들어 주기 위해서는 에러 회복이 필수적이다. 우리의 메커니즘에서, 만약 노드가 동일한 긴급 데이터를 갖게 될 경우 코디네이터는 이들을 반드시 받아야만하고, 그 후에 노드는 전송이 가능할 수 있도록 랜덤 back-off 시간 슬롯 시간을 기다려야 한다. 이러한 상황이 그림 3과 3.1에 나타나있다.

긴급 패킷 전송은 원격 의료 시스템에서 가장 중요한 요구 중에 하나이다. 그러나, 긴급 메시지는 변하기 쉬운 성질을 갖고 있기 때문에, 이 메시지는 가능한 빨리 보내져야한다. 이러한 긴급 메시지는 네트워크 자원들의 동적인 유효성의 이유로 지연되거나 거절되어서는 안된다.

그림 4에 나와 있는 것처럼, 각 비컨 시간 동안에 긴급 데이터가 발생했을 경우, 높은 우선순위를 갖는 데이터를 먼저 보내기위해, 우리는 상이한 back-off 시간 슬롯들의 간격을 사용한다.

이제 우리의 고정 비컨 싸이클 시간 슬롯 우선순위

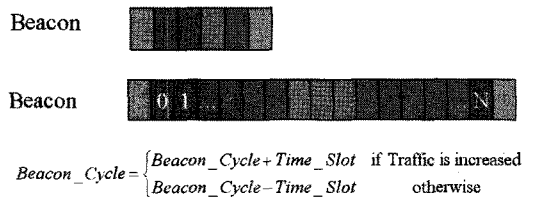


그림 3.1. 비컨 싸이클  
Fig. 3.1. Beacon Cycle

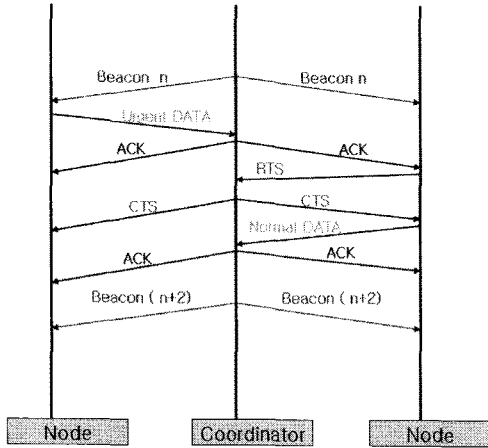


그림 4. 한 개의 비컨 사이클 전송  
Fig. 4. One Beacon Cycle Transmission

메커니즘의 슬로우 플로우 차트를 살펴보자. 그림 5는 디바이스 전송에 의해 MAC 프로토콜이 시작지점부터 끝나는 지점까지 어떻게 동작하는지를 보여준다.

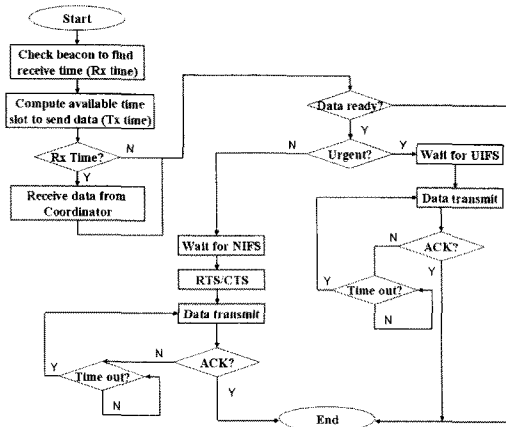


그림 5. 디바이스 전송 플로우 차트  
Fig. 5. Device Transmission Flow Chart

### V. 성능 평가와 시뮬레이션 결과

이 장에서는 복합 우선순위 MAC의 이점을 평가하기 위해 IEEE 802.15.4와 IEEE 802.11e를 이용하여 시뮬레이션 결과를 비교한다. 우리는 먼저 NS2-2.28 버전<sup>[8]</sup>으로 IEEE 802.11e MAC을 구현하고, 다른 측면에서 이 프로토콜들을 비교하기 위해 IEEE 802.15.4 MAC 프로토콜 (이 시뮬레이터는 삼성과 CUNY에 의해 만들어졌다<sup>[9]</sup>)을 수정하였다. 그리고, 우선순위 전송의 문제점들을 다섯 개의 수행 평가 부분으로 나

누어보았다. 긴급/일반 데이터 접근 지연, 평균 작업량, 평균 지연시간, 충돌 발생률과 에너지 소비가 이 다섯 가지이다.

마스터 노드가 코디네이터의 역할을 하는 스타형 토폴로지를 가정함으로써 이 시뮬레이션은 완성되었다. BAN의 물리계층이 디자인되기위해 여전히 오픈되어 있기 때문에, 이 시뮬레이션에서 물리계층 파라미터는 IEEE 802.15.4 표준을 따라 정의되었다.

이 시뮬레이션에서는 10m\*10m의 범위가 사용되었고, 다음에 나오는 그림 6에서는 NS2로 제작한 노드들과 코디네이터를 보여준다.

표 1. 시뮬레이션의 명세  
Table. 1. Shows the Specification of our simulations

Parameters	Value
Traffic Type	CBR
Packet Size	15 Bytes
Data Interval	0.001ms
Topology	Star Topology
Routing Type	AODV
Antenna	Omni
BO value	2
SO value	2
Iifs	16us
Sifs	8us
Uifs	6us
Nifs	72us
Cwmin	16
Cwmax	1024
Urgent CW	7-15
Normal CW	31-1024

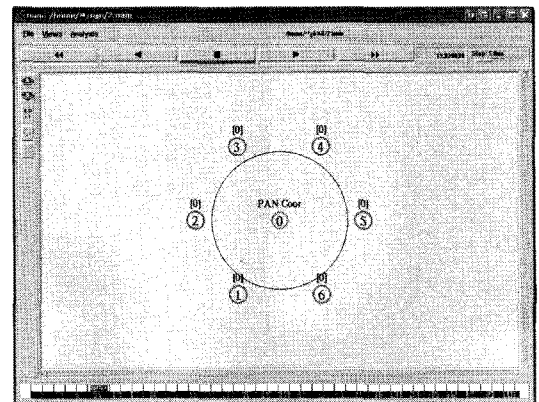


그림 6. WBAN에서의 코디네이터와 노드들  
Fig. 6. Coordinator and nodes in WBAN

#### 5.1 긴급 데이터 우선순위 전송

긴급데이터 우선순위 전송을 위해 WBAN에서는

일정한 수의 노드들이 사용되어진다<sup>[10]</sup>. 그림 7에서처럼 긴급 데이터 평균 접속 지연에 대한 수행평가 결과를 얻을 수 있었다. HP-MAC, IEEE 802.15.4, IEEE 802.11e간의 긴급 데이터 평균 접근 지연시간을 고려하기위해 2개부터 18개에 이르는 데이터 노드들을 생각하였다. 기존의 IEEE 802.15.4가 18개의 노드에서 8ms의 평균 지연 시간을 갖는데 반해 우리의 HP-MAC은 4ms의 평균 지연 시간을 나타내었다. 우리의 HP-MAC은 긴급 데이터에 대해 매우 낮은 지연율을 얻었다. 이것은 HP-MAC이 긴급 데이터들에 대해서 우선적인 전송을 할 수 있음을 의미한다.

일반 데이터들은 긴 back-off 시간을 기다려야 하기 때문에, HP-MAC은 일반 데이터 전송 시에 긴 지

연시간을 나타낸다. HP-MAC은 긴급 데이터 우선순위 전송을 제공할 수 있는데, HP-MAC에서의 최대 지연이 분석 될 때까지 이를 위하여 HP-MAC은 낮은 변화량을 갖게 된다. 이것은 HP-MAC이 낮은 지연 지터를 갖고 있음을 의미한다. 이러한 상황이 그림 8에 나타나있다. IEEE 802.15.6의 표준화에서 일반 데이터(ECG, haring 등)의 지연은 250ms를 초과할 수 없다. 노드수의 증가를 통하여 HP-MAC은 낮은 증가율을 보이고 있는데, 이것은 우리의 디자인이 WBAN에서 적절함을 입증한다.

한편으로는, 그림 9에서 보여지는 것과 같이 HP-MAC과 IEEE 802.15.4간의 평균 처리율을 고려하여 2개에서 18개까지의 데이터 노드들을 생각하였다. 데이터 노드 번호가 4일 때, HP-MAC 평균 처리

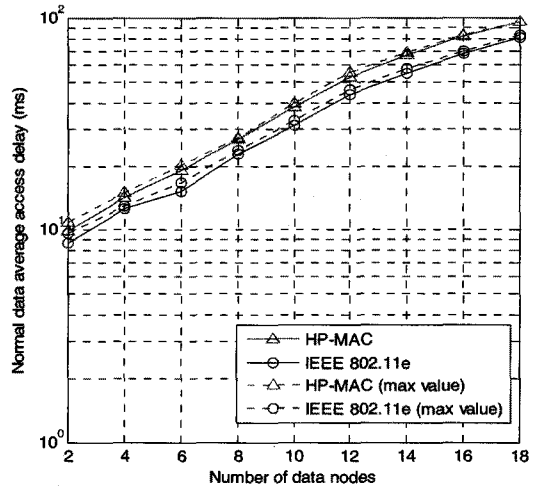
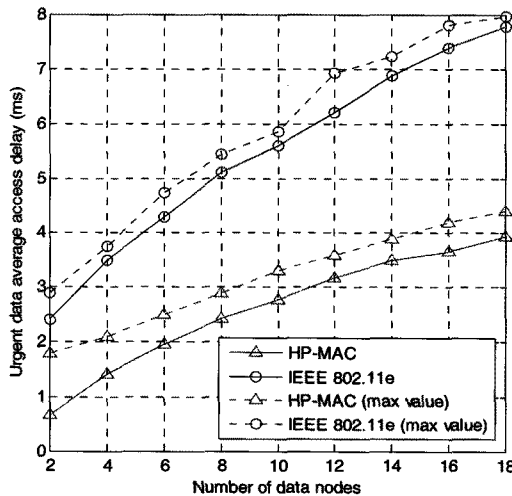
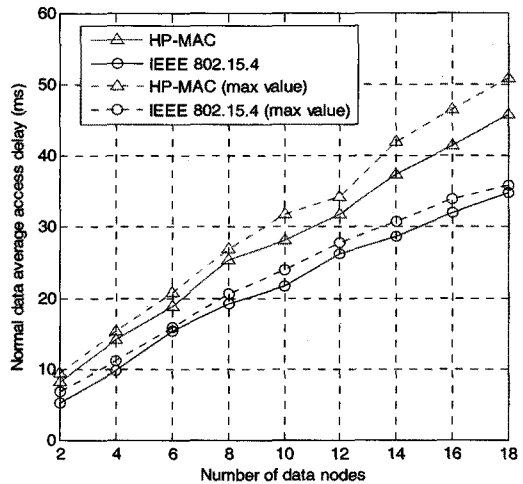
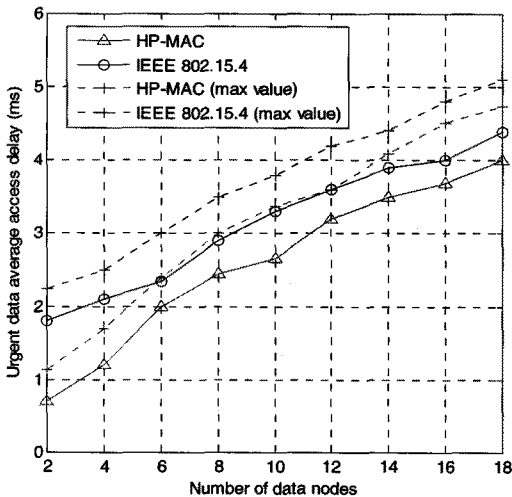


그림 7. 여러 개의 데이터 노드들을 통한 긴급 데이터 접근 지연  
Fig. 7. Urgent data access delay by number of data nodes

그림 8. 다수의 데이터 노드들에 의한 일반 데이터 접근 지연  
Fig. 8. Normal data access delay by number of data nodes

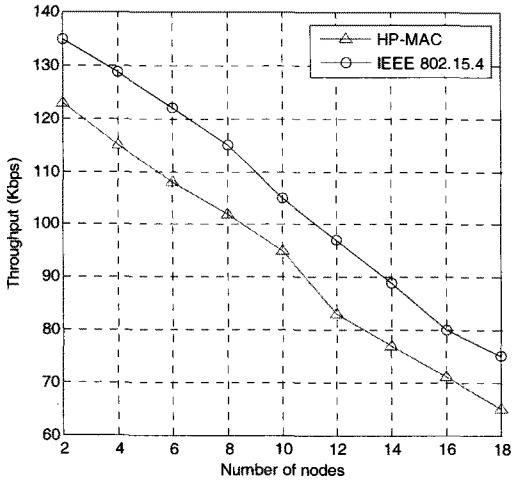


그림 9. 노드 수에 따른 처리량 비교  
Fig. 9. Throughput by number of nodes

율은 115kbps이고, IEEE 802.15.4 MAC의 평균 처리율은 129kbps이다. 노드의 숫자가 18로 증가하기까지 IEEE 802.15.4는 HP-MAC보다 계속적으로 높은 처리율을 보인다. 평균 지연의 영향에도 불구하고 앞선 시뮬레이션 때문에, HP-MAC은 우위를 차지하지 못한다. 왜냐하면, 긴급 데이터의 빠른 전송을 위해 HP-MAC에서의 전체 수행능력을 희생시켰기 때문이다.

### 5.2 신뢰성

이 부분에서의 시뮬레이션은 긴급 데이터와 일반 데이터의 충돌 가능성에 대한 분석을 한다. 송신 노드들은 5개부터 30개까지로 설정하였고 5개씩 증가된다.

그림 10에서 수신 노드가 5개일 때 HP-MAC을 사

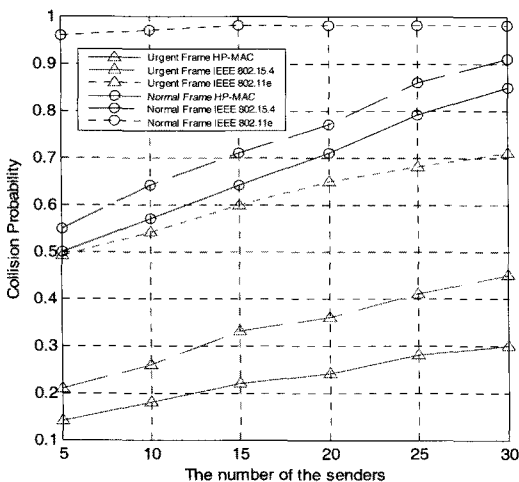


그림 10. 송신 노드 수에 따른 충돌 발생률  
Fig. 10. Collision by number of senders

용한 긴급 프레임의 충돌 발생률은 0.14%이다. HP-MAC을 사용한 일반 프레임의 충돌 발생률은 0.51%, IEEE 802.15.4를 사용한 긴급 프레임의 충돌 발생률은 0.21%, 그리고 IEEE 802.11e를 사용한 긴급 프레임의 충돌 발생률은 0.49%이다. 이것은 우리의 HP-MAC이 우선순위 전송 측면에서 낮은 충돌 발생률을 갖고 있음을 보여준다. 노드수가 증가함에 따라, 우리의 HP-MAC 충돌 발생률은 IEEE 802.15.4와 IEEE 802.11e보다 더 작음을 볼 수 있다. 이 사실은 HP-MAC이 긴급 데이터 전송에서 매우 높은 신뢰성을 갖고 있음을 입증한다. 이 설계에 있어서의 진보성은 긴급 데이터를 빠르고 안정적으로 보내는 것이라는 것을 알 수 있다.

### 5.3 에너지 효율

무선 센서 네트워크에서 에너지 효율성은 매우 중요한 측정요소이다<sup>[11]</sup>. 이런 요소가 중요하다해도, BAN에서는 인체에 주입된 의학적 센서 노드는 재충전되기 쉽지 않다. 따라서, 에너지 효율 증대는 BAN을 위한 MAC 프로토콜의 주요한 디자인 목표가 된다. 시뮬레이션에서, 매 초 10개의 패킷이 높은 도착 비율로 6개에서 18개에 이르는 노드수로 WBAN에서 사용되어졌고, 2개씩 노드를 증가시켰다. 우리의 HP-MAC은 kbps당 약 0.392uJ의 낮은 데이터 전송 에너지 소비율을 보였다. 그러나, IEEE 802.15.4의 증가율은 HP-MAC보다 더 높았다. 노드의 수를 증가시킴으로써, IEEE 802.11e는 최고의 에너지 증가율을 보였지만, IEEE 802.11e의 모든 노드들은 실시간으로 작동하기 때문에 WBAN에서는 적합하지 않다. 에너

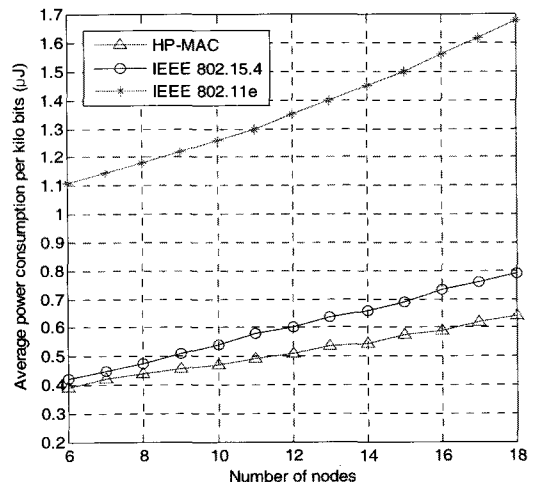


그림 11. 노드 수 증가에 따른 전력 소비  
Fig. 11. Power consumption by number of nodes

지 소비율 측면에서, HP-MAC은 IEEE 802.15.4와 IEEE 802.11e보다 매우 적합하다는 결론을 얻었다.

## VI. 결 론

본 논문에서 우리는 신체 착용 디바이스에서 쓰이는 무선 인체 통신 네트워크를 위한 복합 우선순위 MAC 메커니즘에 대해 언급하였다. 예를 들어, 환자에게 긴급 상황 발생 시 도움을 받을 수 있는 충분한 시간을 확보하고, 의학적 치료를 받을 수 있게 해주는 것이 그 내용이다. 우리의 복합 우선순위 MAC 메커니즘의 시뮬레이션으로부터, 긴급 시그널을 즉시 보내고 전송 지연을 줄이게 하는 효율적인 결론을 얻을 수 있었다. 무선 인체 통신 네트워크에서 이러한 복합 방식을 사용함으로써 효과적으로 충돌을 억제할 수 있다. 필수적인 시뮬레이션의 분석을 통해, 데이터의 양과 노드의 수가 연관되어 증가할 때, 우리의 HP-MAC은 결점을 가진다. 그러나 우리의 우선순위 MAC 메커니즘은 긴급 정보를 보다 빠르게 전송할 수 있고, WBAN에서 좀 더 나은 사용성을 가진다. 일반적인 데이터는 좀 더 긴 back-off 시간을 갖기 때문에, 일반적인 데이터들에 대해서는 전송 지연시간이 길어진다. 하지만, 에너지 소비와 우선순위 데이터의 전송 효율은 HP-MAC이 갖는 장점이다. WBAN을 위한 우선순위 MAC은 앞으로의 연구에 있어서 여전히 중요한 주제가 될 것이고, 끊임없이 새로운 디바이스들이 또다른 전송 메커니즘에서 사용되어 질 것이다. WBAN에서 가장 중요한 어플리케이션이라 할 수 있는 의학 관리에서, 긴급 메시지를 신뢰성을 갖고 빠르게 보낼 수 있도록 MAC은 사용되어야 한다. 결론적으로, 이 분야에 대한 심도있는 연구를 계속하기 위해, WBAN에서의 더욱 더 많은 어플리케이션의 확장이 이루어 질 것이다.

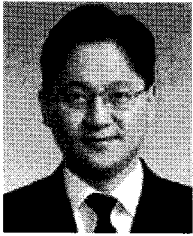
## 참 고 문 헌

- [1] IEEE 802.15.6 TG6 Task Group.
- [2] H.-B. Li, "Trends and standardization of body area network (BAN) for medical healthcare," *In Proc. EuWit 2008*, 27-28 Oct 2008.
- [3] H.-B. Li, "An Experimental System Enabling WBAN Data Delivery Via Satellite Communication Links," *Wireless Communication Systems 2008 ISWCS '08*, Vol.2, pp. 263-266, 13-15 Dec 2008.
- [4] Feng shu, Guido Dolmans, "Qos support in Wireless BANs," *IEEE 802.15 Working Group for wireless Personal Area networks (WPANs)*, Nov 2008.
- [5] Jun Peng, Liang Cheng, "A Distributed MAC Scheme for Emergency Message Dissemination in Vehicular Ad Hoc Networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol.56, No.6, Nov 2007.
- [6] W. Choi, "Dual-band MAC for WBAN," *M.S. Thesis Chung-Ang University*, Feb 2009.
- [7] Balakrishnan. M, Benhaddou. D, Xiaojing Yuan, Gurkan. D, "Service preemptions for guaranteed emergency medium access in Wireless Sensor Networkst," *In Proc. IEEE Military Communication Conference 2008, MILCOM 2008*.
- [8] Sven Wietholter, M. Emmelmann, Christian Hoene, Adam Wolisz, "TKN EDCA Model for ns-2," *Telecommunication Networks Group, Technische University Berlin*, June 2006.
- [9] J. Zheng and Myung J. Lee, "Will IEEE 802.15.4 make ubiquitous networking a reality?-- a discussion on a potential low power, low bit rate standard," *IEEE Communications Magazine* Vol.42, No.6, pp.140-146, June 2004.
- [10] Bin Zhen(NICT), "TG6 Technical Requirements Document," *IEEE 802.15.6 TG6 Task Group*, 14 NOV 2008.
- [11] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," *IEEE Communications Magazine*, pp.102-114, Aug 2002.



이 인 환 (Inhwan Lee)

정회원



1985년 2월 한양대학교 전기  
공학과 학사  
1990년 2월 한양대학교 전기  
공학과 석사  
2007년 3월~현재 한양대학교  
전자컴퓨터공학과 박사과정  
1990년1월~1993년 3월 (주)동  
아전기 연구소 연구원

1993년4월~현재 한국전자통신연구원(ETRI) USN  
기반기술연구팀장 책임연구원

<관심분야> 무선통신, RFID, WSN Application

조 성 호 (Sungho Cho)

정회원



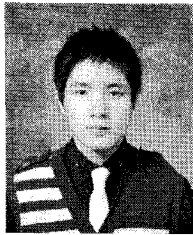
1982년 2월 한양대학교 전자  
공학과 학사  
1984년 12월 University of Iowa  
컴퓨터공학과 석사  
1989년 8월 University of Utah  
컴퓨터공학과 박사  
1989년8월~1992년 8월 한국  
전자통신연구원(ETRI) 선임연구원

1992년3월~현재 한양대학교 전자컴퓨터통신공 학  
과 교수

<관심분야> 무선통신, RFID, WSN, DSP/FPGA  
Application

이 건 우 (Gunwoo Lee)

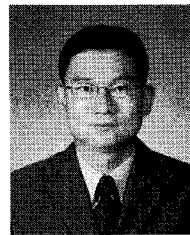
준회원



2006년 2월 명지대학교 컴퓨터  
공학과  
2010년 3월~현재 중앙대학교  
컴퓨터공학과 석사과정  
<관심분야> 무선네트워크, 유  
비쿼터스 컴퓨팅

조 성 래 (Sungrae Choo)

종신회원



1992년 2월 고려대학교 전자  
전산공학과 학사  
1994년 2월 고려대학교 전자  
공학과 석사  
2002년 12월 미국 조지아공대  
전기및컴퓨터공학과 박사  
1994년 2월~1996년 8월 한국  
전자통신연구원 연구원

2003년 1월~2003년 7월 삼성 종합기술원 전문연  
구원

2003년 8월~2006년 7월 미국 조지아서던대학교  
컴퓨터학과 조교수

2006년 9월~현재 중앙대학교 컴퓨터공학부부교수  
<관심분야> 무선네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅