Regular paper http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2015.10.1.103

의료 WBAN 환경을 위한 IEEE 802.15.4 MAC 성능 개선

이정재* · 홍재희**

Performance Improvement of IEEE 802.15.4 MAC For WBAN Environments in Medical

Jung-Jae Lee* · Jae-Hee Hong**

요 약

WBAN(Wireless Body Area Network)는 인체주변 2-3m 영역에서 의료 및 비의료 디바이스들로 구성된 다양한 환자 모니터링 분야를 지원하기 위한 무선센서네트워크이다. WBAN 환경을 위해서는 저전력 소비, QoS, 듀티사이클등의 요구사항을 만족하고 주파수 대역을 효율적으로 분배하며 트래픽 로드에 강하면서 에너지를 절약하는 MAC(Medium Access Control)이 설계되어야 한다. 본 논문에서는 트래픽 로드가 증가할 때를 고려해 에너지에 효율적인 AQ(Adaptive Queuing) MAC 슈퍼프레임 구조를 제안한다. 또한 시뮬레이션 결과 제안하는 AQ(Adaptive Quenuing)MAC를 IEEE 802.15.4 MAC과 비교 하였을 때 전송처리율, 평균MAC 지연율 측면에서 향상된 결과를 얻을 수 있었다.

ABSTRACT

WBAN(Wireless Body Area Network) is a Wireless Sensor Network for supporting various applications around body within 2~3m which consists of medical and non-medical device. MAC in WBAN environment should satisfy requirements such as low power consumption, various transmission rate, QoS, and duty-cycle, efficiently distribute frequency band, be strong at traffic load and save energy. This paper proposes AQ(Adaptive Queuing) MAC superframe structure for efficient energy use, considering the increase of traffic load. The simulation result also show that transmission rate and average MAC delay rate is improved comparing IEEE 802.15.4 MAC with AQ MAC.

키워드

WBAN, MAC, Adaptive Quenuing, Duti-Cycle
무선인체네트워크, 매체접근제어, 적응적 큐, 듀티사이클

Ⅰ. 서 론

최근 스마트한 의료장비와 다양한 용도의 센서가 발달함에 따라 센서 디바이스의 소형화, 저전력이 실현 가능하게 되었으며 환경 모니터링, 재고품 추적, 헬쓰케어 모니터링등의 응용을 위한 무선센서네트워크(WSN : Wireless Sensor Networks)가 발달하게 되었다. 원격진료나 환자상태 모니터링 등의 u-Lifecare는 인체중심

* 송원대학교 컴퓨터정보학과 부교수(jjalee@songwon.ac.kr)
** 교신저자(corresponding author) : 송원대학교 전기전자공학과 부교수(jaijai@sonwon.ac.kr)
접수일자 : 2014. 10. 24 심사(수정)일자 : 2014. 12. 15 게재확정일자 : 2015. 01. 12

의 통신구조가 필요하며 이러한 조건을 만족하기 위해 의료용 서비스를 지원하기 위한 기술로 WPAN (Wireless Personal Area Network)이 고려 되었다[1].

특히 저전력과 저속의 데이터 전송률을 특징으로 하는 IEEE 802.15.4는 의료응용을 목표로 개발된 표준이 아니기 때문에 u-Lifecare의 요구사항을 충족시킬 수 없다. 이를 해결하기 위해 IEEE 802.15 워킹그룹은 차세대 WPAN기술로 WBAN(Wireless Body Area Nerwork)을 정의하고 표준화 하였다. WBAN은 인체 내부에 이식(implant), 피부표면(wearable), 인체를 중심으로 2~3m이내에서의 존재하는 의료기기 및 환자용전자제품(CE:Consumer Electronics)에 위치하여 통신을 수행하는 WPAN의 차세대 무선통신기술을 말한다[2].

의료 서비스는 체내 이식형 디바이스와 피부 표면에 부착하는 착용형(wearable)의료기기로 분류 할 수 있으며 이식형 디바이스의 경우 배터리 충전 및 교환이 쉽지 않아 저전력 소비(low-power consumption)가 필수적이라 할 수 있다. 이런 관점에서 IEEE 802.15.4는 산업용 감시, 가정자동화, 환경감시, 의료모니터링 등에 응용되어 사용되어지며 이들 응용에서 밧데리에 의해 작동되는 수많은 임베디드 디바이스들은 한 공간에서 무선으로 통신할 수 있는 다른 공간에 분포되고 종종 밧데리를 재충전하거나 교체를 수행할 수 없다는 점에서 에너지를 절감하는 MAC 슈퍼프레임 디자인은 WBAN의 운영에 있어 중요한 이슈가 된다[3].

MAC 프로토콜은 경쟁기준(Contention-based)과 스케줄기준(Schedule-based) MAC 프로토콜로 구분되며, CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)와 같은 프로토콜에서 채널이 사용중이면 노드는 채널이 idle 될 때까지 전송을 연기하므로 전송효율이 떨어진다.

TDMA(Time Division Multiple Access)와 같은 스케줄 기준의 프로토콜에서 채널은 고정 혹은 가변성 기간의 타임 슬롯으로 분류되며 이러한 슬롯들은 노드들에게 할당되고, 각 노드는 슬롯주기 동안에 전송하기 때문에 에너지 절약적인 프로토콜이라 할 수 있다. 하지만, 이러한 프로토콜은 동기화를 자주 해주어야 하고 그 사이에 소비되는 에너지를 절감해 주는 낮은 전력의 MAC 프로토콜개발은 지난 수년간 지속적으로 연구중에 있다[4].

프레임 전송시 충돌은 여러개의 프레임이 동시에 전송될 때 발생하며 충돌된 프레임이 재전송 될 때 에너지가 소비되며, 다른 원인으로 어떤 노드가 데이터를 수신하기 위한 채널이 있는지를 감지하기 위한 idle active, 제어패킷 overhead, 제어정보가 페이로드 포함 될 때 에너지가 소비된다[5].

따라서 본 논문에서는 다양한 디바이스를 지원하기 위해 CFP(Contention Free Period)의 적응성을 증대시켜 다수의 WBAN 의료분야 응용서비스에 유연하게 CFP를 할당해주고 주파수 대역을 효율적으로 사용할 수 있도록 인체센서에서 코디네이터사이에서 피드백프레임과 ACK 사이에 동기화를 위해 power-sleep후에 프리엠블을 삽입함으로서 에너지를 절감하는 적응적-큐잉(Adaptive-Queuing)MAC 슈퍼프레임 구조를 제안하고자 한다. 제안된 프로토콜은 데이터 패킷 전송시 발생하는 충돌과 backoff 주기를 제거하며 헬쓰케어 환경에서 에너지를 절감하는 AQ MAC로 슈퍼프레임 구조를 갖고 있다. 제안하는 프로토콜은 디바이스 큐를 안전하게 서비스하는 프로토콜로 낮은 트래픽 load를 위한 임의 접근 구조이며 트래픽 load가 증가할 때 자동적으로 연결되는 예약기법이다. 또한 WBAN 응용에 사용하는 IEEE 802.15.4 MAC와 비교했을 때 MAC지연율, 노드 대 처리량 등이 향상됨을 보였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구를 기술하고 3장에서는 슬롯 CSMA/CA 에 대해서 기술한다. 4장은 본 논문에서는 제안하는 AQ MAC기법을 소개하고, 5장에서는 성능을 분석한다. 마지막으로 6장에서는 결론을 기술한다.

II. 관련 연구

2.1 WBAN MAC 요구사항

WBAN 의료 응용에서 EEG[6], ECG, 혈압분석등은 실시간 낮은 전송률로 처리가능 하며, 의료관리자, 트래픽제어 이상경보등의 데이터 처리는 최적의 낮은 데이터 전송률로도 가능하며, EMG나 내시경등의 데이터는 실시간 고속 데이터 전송율이 필요하게 된다. WBAN은 인체내외부의 영역에서 다양한 특징을 가

진 디바이스들로 스타 토폴로지를 구성하며 응용디바이스간에 유연성과 확장성을 제공하기 위해 다음과 같은 요구사항을 만족해야 한다.

1) 저전력(Low Power Consumption)

WBAN MAC 프로토콜의 가장 중요한 특징은 에너지 효율성으로 일부 응용 프로그램에서는 그 장치의 베터리 수명이 기본적으로 몇 달 혹은 몇 년 정도는 되어야 한다. 반면에 어떤 장치는 그 응용프로그램의 특징상 베터리 수명이 고작 10시간 정도면 충분하다. 심장 제세동기나 pacemakers는 수명이 5년 이상이어야 하고, 반면에 삼킬 수 있는 카메라 알약은 12시간 정도면 된다.

2)전송지연(Latency)과 서비스 품질(QoS)

WBAN을 위한 MAC 프로토콜은 인체내부와 인체내부의 다양한 트래픽 특성과 인체의 전기적인 특성을 고려해야 한다.예를들면 인체내부의 디바이스들은 심장박동조절장치의 경우의 수십 Kbps, 캡슐내시경의 경우 수백 Mbps까지 다양하게 변한다. point-to-point(한 지점에서 다른 지점으로 무선을 이용해서 메시지를 보내는 일) 지연이나 수술 모니터링이나 건강관련 사업에서 실시간 의사소통이 필요한 경우 서비스품질(QoS)도 중요하다. 멀티미디어 응용에서는 전송지연이 250ms보다 작아야 하고 jitter가 50ms보다 작아야 한다. 고혈압이나 저혈압, 불규칙한 심장박동, 비정상적인 온도변화, 당뇨환자가 지나치게 고, 저혈당등 응급상황에서 MAC 프로토콜은 인체 내·외 노드들을 채널에 1초 내외로 접근시켜야 하고 긴급 데이터를 PAN 코디네이터로 보내야 하며, 베터리 방전과 같은 비의료적인 응급상황보다도 더 우선순위가 높게 대처해야 한다.

3) 주기성과 비주기성(Periodic and Non-Periodic)

헬스케어 시나리오에서 어디든지 각각의 환자들은 동시적으로 간주하고, 병원에 분산된 인체센서들에서 발생하는 트래픽은 주기적이고, 비주기적인 타입으로 분류한다. 주기적인 트래픽은 병실공간내 환자의 육체적인 상태에 대해 일상적으로 조사하는 값을 포함하는 경우로 보통 이들값은 엄밀히 시기적적한 필요조건은 아니므로 CSMA/CA기법은 이들 트래픽에 사용된다. 그러나 응급상황(극적으로 혈압이 증가하고 감소하거나, 환자의 심장마비, 병실의 예기치 않는 온도변화등)의 경우 환자나 병실에서 발생된 비주기적인 트래픽은 아주 위험하며 채널과 대역폭의 접근을 보장해야 하기 때문에 GTS서비스는 이런 트래픽에 사용한다.

4) 듀티사이클(Duty-Cycle)[7].

전력-에너지에 효율적이고 융통성 있는 듀티사이클 기법은 idle listening, overhearing, 패킷충돌과 제어패킷 overhead 문제를 최소화 시켜준다. 낮은 듀티사이클 노드들은 그들이 송수신 데이터가 없다면 빈번한 동기화 및 제어정보(비컨 프레임)을 수신하지 않는다. WBAN MAC는 인체 내·외부의 산업용, 과학용, 의료용(ISM)에서 공동으로 사용하는 ISM 주파수 대역, 30Mbps~50Mbps급인 무선랜에 비해 최소 100Mbps~1Gbps급 속도를 보장하는 초광대역통신(UWB)가 동시에 작동할 수 있도록 지지해 주어야한다. 즉, 그것은 다수의 물리계층(Multi-PHYs)통신을 하게 해 주어야 하며 네트워크안의 지연, 처리율과 대역폭 이용을 바꿀 수 있는 확장성과 적응성을 보장해야 한다.

III 슬롯 CSMA/CA Mechanism.

3.1 슈퍼프레임 구조

Beacon-enabled 네트워크는 CSMA/CA를 사용하고 각 디바이스의 슬롯 경계는 PAN코디네이터의 슬롯경계로 할당된다. 디바이스 동기화 및 네트워크 제어를 위해 PAN 코디네이터는 일정한 비컨을 송신하여 슈퍼프레임의 시작과 끝을 정의한다. 슈퍼프레임은 16개의 슬롯으로 구성되고 GTS(Guaranted Time Slots)를 포함하는 CFP와 CAP(Contention Access Period)로 구성된다. 채널이 유휴이면 random backoff 값에 따라 전송이 수행되고 만약 채널이 사용중 이면 디바이스는 채널에 다시 접근을 시도하기 전에 다른 임의의 주기를 기다린다.

IEEE 802.15.4는 3개의 주파수 대역(868 MHz, 915 MHz, and 2.4 GHz) 으로 구성된 소량의 데이터량 응용에 맞게 설계된 저 전력 프로토콜이다. 총 채널수는

27개의 채널로 구성되며 16개의 부채널은 2.4 GHz대 영역으로 데이터 전송률은 250 Kbit/s이고 10개 부채널은 915 MHz에 할당되고 데이터 전송률은 20 Kbit/s, 1개의 부채널은 868 MHz에 할당되며 데이터 전송률은 40 Kbit/s이다.

IEEE 802는 DLL은 MAC와 LLC 서브레이어로 분리되고 LLC는 802.3, 802.11, 802.15.1로 표준화 된다. IEEE 802.15.4 MAC의 특징은 결합과 분리, ACK프레임 전달, 채널접근구조, 프레임 평가, 보장된 시간 슬롯 관리, 비컨관리등으로 분류 한다. MAC은 상위 계층에 데이터와 관리를 서비스한다. IEEE 802.15.4 MAC 관리 서비스는 26개의 원시함수를 갖고 반면 802.15.1은 131개의 원시함수와 32개의 이벤트로 구성되어 있다.

IEEE 802.15.4 MAC은 복잡도가 낮으며 IEEE 802.12.1보다 적은 비용이지만 예정된 저속의 응용에 적합하며 동기식 음성링크를 지원하지 않는다. PAN 코디네이터는 16개의 슬롯으로 분할된 예정된 시간안에 슈퍼프레임 비컨을 전송한다. 채널접근은 경쟁중심이나 PAN 코디네이터는 전용의 대역폭과 낮은 전송지연(low-latency)을 필요로 하는 한 개의 디바이스에 시간슬롯을 할당한다. 이러한 시간할당 슬롯은 GTS라 하고 이들은 경쟁이 자유로운 기간을 만든다.

beacon-enabled 모드에서 네트워크의 센서는 코디네이터에 의해 제어되고 주기적으로 디바이스 동기화와 결합 제어를 하기 위해 비컨을 전송하고 슈퍼프레임 채널구조는 그림 1에 예시된 바와 같이 한정된다.

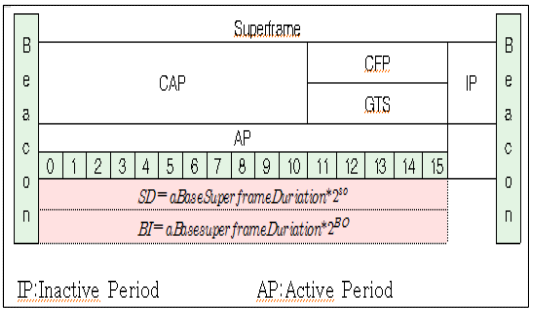

그림 1. IEEE 802.15.4 슈퍼프레임 구조
Fig. 1 The superframe structure of IEEE 802.15.4

ISM대역에서 backoff 주기는 10바이트이고 각 슬롯은 $3 \cdot 2^{SD}$ backoff 주기를 가지며, 슈퍼프레임은 SD가 0일 때 48 backoff SD를 가진다. 슈퍼프레임은 active와 inactive주기로 구성되며, active주기는 싱글 Beacon과 싱글 CAP, 싱글 CFP로 구성되어 있다. 슈퍼프레임의 Inactive주기는 $I = BD * (2^{BD} - 2^{SD})$ 이며 비컨주기는 active 슈퍼프레임 기간과 동일하다. active 슈퍼프레임은 경쟁부분과 TDMA와 GTS로 구성된다. GTS대역은 MAC명령 프레임을 사용하는 노드로부터 요청하고 코디네이터는 많은 슬롯안에 GTS대역폭을 할당한다. 하나의 슬롯은 $3*23*2^{SD}$ backoff주기를 가지며 노드에서 PAN코디네이터로 데이터 전송은 슬롯 CSMA/CA을 이용해 GTS슬롯안에서 실행된다. 슬롯 CSMA/CA방법은 backoff 활동인 패킷전송, acknowledgment수신의 두 개의 CCAs로 구성되며 backoff값은 경쟁윈도우 $(0, w_{15} - 1)$ 범위에서 균일하게 선택된다. 기본적으로 노드는 m_{15}+1=5번의 $W_{15,0} = 8$, $W_{15,1} = 16, W_{15,2} = 32, W_{15,3} = 32$ 와 $W_{15,4} = 32$ 의 backoff 윈도우 크기를 가지고 전송을 한다. $BO = Beacon\ Order$ 이고, 슈퍼 프레임의 전체길이 즉 BI(Beacon Interval)와 슈퍼 프레임의 active길이, 즉 SD(Superframe Duration)는 다음과 같이 정의된다.

$$BI = aBaseSuperframeDuration \times 2^{BO}$$

$$SD = aBaseSuperframeDuration \times 2^{SO}$$

여기서

$$aBaseSuperframeDuration = 960\,symbols\,(1\,symbol = 16\,\mu s)$$

이다[7].

3.2 슬롯 CSMA/CA Mechanism

IEEE 802.15.4는 beacon-enabled 모드이고, 한 개의 슈퍼프레임은 경쟁 접근 주기를 갖고 슬롯 CSMA/CA 기법이 적용된다. 이전의 연구에서 유사하게 주로 슬롯 CSMA/CA의 MAC 성능개선에 관심이 있어 왔으며, 전체 슈퍼프레임기간은 경쟁접근주기에 의해 얻을 수 있다는 것을 가정한다. IEEE 802.15.4의 CSMA/CA 구조는 이진 지수 backoff를 사용하는 점이 IEEE 802.11과 유사하나 IEEE 802.11과 달리 IEEE 802.15.4의 backoff 카운터 값은 채널상황과 관

계없이 정지하지 않으면 감소한다. 채널을 감지하는 디바이스는 backoff 값이 0에 이를 때 CCA를 실행한다. IEEE 802.15.4 네트워크에서 의료 및 비의료 서비스를 지원하기 위해 이기종 디바이스간의 주파수 대역에서 발생하는 데이터 오류는 데이터 신뢰성에 치명적인 영향을 줄 수 있다. 따라서 WBAN에서 저-전력과 높은 데이터 신뢰성, 저-대역폭은 가장 중요한 요구사항이라 할 수 있다. 슬롯 CSMA/CA 알고리즘은 그림 2와 같고 사용하는 파라미터는 NB(Number of Backoff), CW(Contention Window Length), BE(Backoff Exponent)이다.

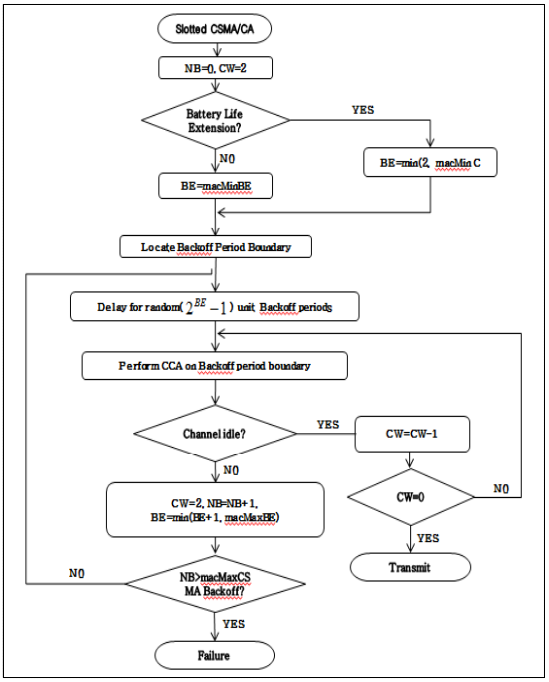

그림 2. IEEE 802.15.4 슬롯 CSMA/CA
Fig. 2 The IEEE 802.15.4 of slotted CSMA/CA

NB는 다수의 backoff 시간이며 0으로 초기화 되어 있고, 만약 CCA를 검출하여 사용중이면 backoff 주기가 만들어지고 NB는 1씩 증가한다. 만약 CCA를 검출하여 사용중이면 backoff 주기가 만들어지고 NB는 1씩 증가한다. 채널이 부족하면 NB의 최대값은 4로 셋팅되고 그 이상을 넘으면 오버헤드를 피하기 위해 전송은 중지된다. CW는 CCA검출주기에서 디바이스가 얼마나 많이 기다리는가를 나타내고, CW의 디폴트 값은 2로 셋팅된다. BE는 디바이스가 backoff 기간에 얼마나 많이 기다리는가를 결정하며 다른 배터리 상황에서 다른값으로 초기화된다.

Ⅳ. WBAN을 위한 제안된 AQ MAC

DQDB는 TDMA 환경을 위한 공유된 노드 디바이스 사이의 분산-큐잉 임의 접근 프로토콜(DQRQP)로 Campbell[8]에 의해 제안되었다. DQRAP는 TDMA 슬롯으로 나누어지고 예약 서브슬롯 또는 제어 서브슬롯으로 나누어지고, DQRAP는 시스템 전송 용량이나 트래픽 로드의 영향에 안전한 충돌 예방 트리 알고리즘을 제공한다.

또한 경량의 트래픽 노드를 위한 Aloha 프로토콜과 같은 용량이고 트래픽 노드가 증가함에 따라 예약 시스템으로 전환하고 자동적으로 충돌을 줄여준다. 이전의 연구결과에 바탕으로 Alonso[9]는 고성능 임의 접근 프로토콜로 범주인 WLAN환경에 적합하게 설계된 DQCA(Distributed Queuing Collision Avoidance)를 제안하였다. DQCA의 특징은 데이터 패킷 전송시 backoff기간과 충돌을 제거하고 슬롯 Aloha와 같은 모든 트래픽 조건하에 불안정성을 견디어내고 수신 전송률을 최대로 유지한다. WBAN의 결정적인 성공 요인은 의료 응용에서 소량, 경량, 저비용 인체 센서를 이용하는데 있어 빈번한 밧데리 교체를 없애기 위해 저전력을 소비해야 하고 동시에 신뢰도를 보장해야 한다는 것이다

제안된 AQ MAC 슈퍼프레임 방법은 항상 안전하게 분포된 고성능 프로토콜로 낮은 트래픽 로드를 위한 임의 접근 구조이며 트래픽 로드가 증가할 때 자동적으로 연결되는 예약기법이다. 제안된 프로토콜의 특징은 데이터 패킷 전송시 발생하는 충돌과 backoff 기간을 제거하며 헬쓰케어 환경에서 에너지를 절감하는 AQ MAC 프로토콜로 WBAN은 2단계 구성되고 사용하는 슈퍼프레임 구조는 그림 3과 같다. 업 링크는 인체센서에서 WBAN 코디네이터 전달의 경우로 인체센서 접근요청에 대해서는 CAP를 통해서 이루어

지고 충돌이 없는 데이터 전송을 위해 CFP가 사용된다. 다운 링크는 BAN 코디네이터에서 인체센서로 전달의 경우로 BAN 코디네이터는 이전의 데이터 전

송을 확인하기 위해 피드백 프레임을 사용하며 WBAN의 모든 인체센서에게 독립적인 프로토콜 규칙을 따르도록 제어정보를 전송한다. AQ MAC CAP는 m개의 미니슬롯으로 나누어지고 접근 미니 슬롯 안에 T_{RA} 기간의 RA(Random Access)가 CFP안의 위치를 수집하도록 송신한다. RA는 BAN코디네이터가 PHY계층에서 채널신호를 "비어있음", "성공", "충돌" 등의 채널상태를 검출하는데 필요한 최대신호이다. AQ MAC CFP는 CAP동작 후에 페이로드 길이 T_{DATA} 기간의 경쟁이 없는 데이터 슬롯내에 데이터 전송을 한다. T_W는 t_{ACK}기간 ACK를 기다리는 최대 시간이다. AQ MAC 슈퍼프레임은 Feedback 프레임으로 제한하며 IEEE 802.15.4 슈퍼프레임 형식과 유사하게 Feedback 프레임은 WBAN 코디네이터에 인체센서를 부착함으로서 동기화된다. Feedback 프레임은 AQ MAC 프로토콜을 사용하는 WBAN에 인체센서를 부착하며 적절한 MAC제어정보를 가지고 있다 [10].

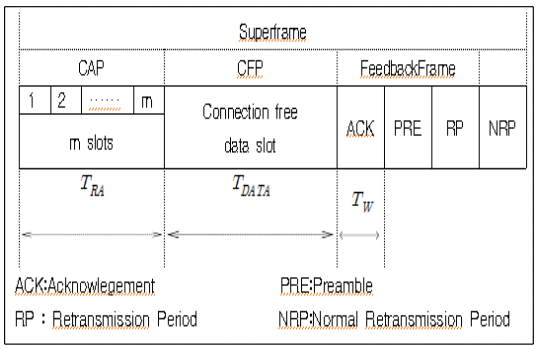

그림 3. WBAN을 위한 제안된 AQ MAC Superframe.
Fig. 3 Proposed AQ MAC superframe for WBAN

에너지 절약 AQ MAC 슈퍼프레임에서 Feedback 프레임은 새로운 동기화 프리엠블보다 선행되고, 인체센서의 에너지 수명을 연장하기 의해서 다른 시간 간격사이에 에너지 관리 해법과 energy-aware 무선 활동 정책을 가능하게 한다. AQ MAC 슈퍼프레임 끝에 PHY계층으로부터 수신된 데이터를 처리하기 위한 MAC 계층을 허용하는 IF(Inter Frame)가 첨가된다.

Ⅴ. 실험결과

N개의 센서노드와 한 개의 코디네이터로 구성된 성형 토폴로지를 가지는 단일 홉 성형 토폴로지를 고려하고 Visual C++을 이용하여 모의실험을 수행한다. 모든 의료 디바이스노드들은 코디네이터와 250kbps로 전송하고 CFP는 무시하고 패킷길이(P_L)는 120 바이트이며 트래픽 로드는 $\frac{(N * P_L * \Phi * 8)}{(250Kbps)}$ 이다. 우리는 네트워크 효율을 위해 패킷처리량, 평균 MAC지연을 IEEE 802.15.4 표준과 비교하고, 분석결과는 그림 4, 그림 5와 같이 얻을 수 있다. 그림 4는 제안된 AQ MAC기법이 패킷처리량이 증가된 것을 보여주고 그림 5는 IEEE 802.15.4. 보다 평균 MAC 지연이 감소함을 보여준다.

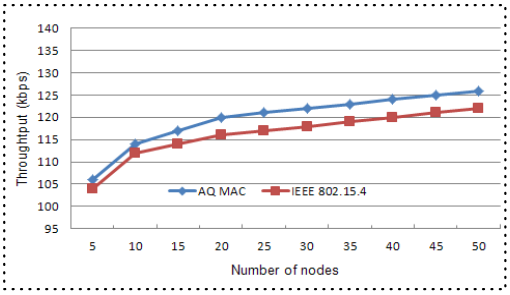

그림 4. 처리량 대 노드수
Fig. 4 Throughput versus number of nodes

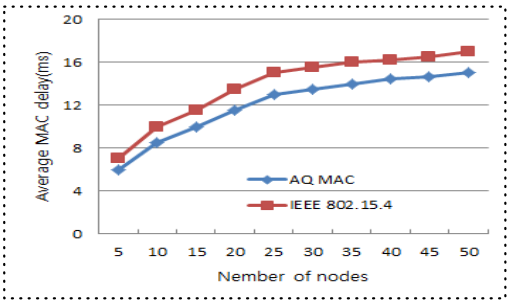

그림 5. 평균 MAC 지연 대 노드수.
Fig. 5 Average MAC delay versus number of nodes

Ⅵ. 결 론

본 논문에서 우리는 헬쓰케어 시나리오에서 WBAN을 위해 ACK 모드를 가진 IEEE 802.15.4

beacon-enabled 기법에 비해 에너지-절약 프레임형식인 AQ MAC을 제안하였다. 제안된 AQ MAC은 포화 상태의 상황에서 패킷 처리율, 평균 MAC 지연율이 IEEE 802.15.4 MAC보다 향상된 결과로 의료 시나리오에 있어 적합함을 보였다. 또한 멀티-홉 클러스터 토폴로지에서 히든 노드들을 고려한 경우 GTS 할당 성능을 개선시켜 준다.

감사의 글

본 논문은 2014년도 송원대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

References

[1] L. Cheng, A. G. Bourgeois, and X. Zhang, "A New GTS Allocation Scheme for IEEE 802.15.4 Networks with Improved Bandwidth Utilzation," In *Proc. 7th Int. Symp. on Comunications and Information Technolgies*, Sydney, Australia, Oct. 2007, pp. 17-19.

[2] K. Kabara and M. Calle, "Mac protocols used by wireless sensor networks and a generenal method of performance Evaluation," *Int. J. of Distributed Sensor Networks,* vol. 10, 2012, pp. 1-11.

[3] H. Kim, B. Goh, R. Jung, and K. Lee, "Energy-efficient and QoS Guaranteed MAC protocol in Ubiquitous Sensor Networks," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 3, no. 2, 2008, pp. 73-78.

[4] O. Omeni, A. Wong, A. J. Burdett, and C. Toumazou, "energy efficient Medium Access Protocol for Wireless Medical Body Area Sensor Networks," *IEEE Trans. Biomedical Circuits and Systems*, vol. 2, issue 4, 2008, pp. 251-259.

[5] G. Oh and K. Lee, "MAC protocol for Energy-Efficiency and Delay in Ubiquitous Sensor Networks," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 4, no. 1, 2009, pp. 20-26.

[6] S. Jang and W. Han, "Relativity between Concentration by Letter Visual Stimulus and EEG Signal," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 11, 2014, pp. 1278-1284.

[7] T. Lee, H. Lee, and M. Chung, "MAC Throughput Limit Analysis of Slotted CSMA/CA in IEEE 802.14.4 WPAN," *IEEE Communication Letter,* vol. 41, Oct. 2006, pp. 561-568.

[8] H. J. Lia and G. Campbell, "Using DQRAP For Local Wireless Communications," In *Proc. Wireless 93*, Calgary, Canada, July 1993, pp. 625-635.

[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, FL, Oct. 2003.

[10] S. Pollin, M. Ergen, S. C. Ergen, B. Bougard, L. V. D. Perre, I. Moerman, A. Bahai, P. Varaiya, and F. Catthoor, "Performance Analysis of Slotted Carrier Sense IEEE 802.12.4 Medium Access Layer," *IEEE Trans. Wireless Communication*, vol. 17, no. 9, Sept. 2008, pp. 3359-3371.

저자 소개

이정재(Jung-Jae Lee)

1986년 조선대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
1989년 조선대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(공학석사)
1997년 조선대학교 대학원 전산통계학과 졸업(이학박사)
1997년 송원대학교 컴퓨터공학과 전임강사
1997년~현재 송원대학교 컴퓨터정보학과 부교수
※ 관심분야 : 의료영상처리, WBAN 인체네트워크

홍재희(Jae-Hee Hong)

1982년 명지대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1989년 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1992년 송원대학교 전자공학과 전임강사
1992년~현재 송원대학교 전기전자공학과 부교수
※ 관심분야 : 회로이론, 의료디바이스