

논문 2014-51-6-3

WBAN에서 신체 내부 센서의 라이프타임 향상을 위한 LI 프로토콜

(WBAN LI Protocol for Improving Lifetime of Implant Sensor in
Body)

박진철*, 이정규**

(Jinchul Park and Jongkyu Lee[Ⓞ])

요약

WBAN(Wireless body area network)에서 신체에 삽입된 센서는 신체의 생물학적인 특성에 의해 일반 센서보다 프레임의 오류가 발생 할 확률이 높아진다. 본 논문에서는 신체에 삽입된 센서의 라이프타임을 향상시키기 위해 삽입된 센서의 재전송을 외부 센서에서 대신 전송해주는 방법으로 삽입된 센서의 전송을 줄이는 방법을 제시한다. 제시된 LI(Lifetime Increment) 프로토콜은 기존의 CSMA/CA 전송방식에서 데이터 프레임에 외부 센서의 ID를 추가하고, 내부 센서가 전송한 프레임이 재전송이 요구 될 시에는 추가 되어있던 ID의 외부 센서에서 재전송을 책임지는 방법이다. 제안하는 프로토콜의 성능 비교를 위해 WBAN CSMA/CA 전송 방식과 비교한 결과 에너지 소모량이 적어져 라이프 타임이 향상되는 것을 확인하였다.

Abstract

An implanted sensor's error probability is more likely to external sensor's error probability by biological characteristic in WBAN. In this paper, we present method that external sensor transmits frame instead of doing implanted sensor's retransmission for improving lifetime of implanted sensors in WBAN. The proposed method, LI(Lifetime Increment) protocol is to add external sensor's id in transmission data frame of a implanted sensor. When the retransmission is required, external sensor that have to registered id in data frame retransmits frame instead of implanted sensors' retransmission. The comparison result shows that the proposed protocol reduces power consumption and improves life time.

Keywords : IEEE 802.15.6, WBAN, Body Area Network, Lifetime, Bit Error Rate

I. 서론

최근 질병과 건강에 대한 관심이 증가되면서 의료 서비스는 과거의 치료 위주에서 예방 및 관리 위주로 변화하고 있는 상황이다. 이는 의료 서비스의 변화를 가져왔고 이로 인해, 기존의 시스템보다 발달된

u-Health 시스템이 등장하였다. u-Health는 언제 어디서나 건강관리 및 의료서비스를 가능하게 하는 시스템으로 유무선 네트워크 기술과 센서 기술을 이용하여 사람의 생체신호를 측정하고, 상태를 지속적으로 모니터링을 한다. 이러한 u-Health 및 IT-BT 융합기술의 발달로 근거리 무선 통신 기술인 WBAN 기술에 대한 관심이 높아지고 있다. WBAN 기술은 인체의 내부 및 외부 약 3m 이내에 부착되는 센서들을 무선 네트워크로 연결하여 센서들 간 상호 통신을 제공하는 근거리 무선 통신 기술로써 허브, 의료 디바이스, 개인 소비자용 전자 제품 등으로 구성되며 다양한 유비쿼터스 서비스를

* 학생회원, ** 정회원, 한양대학교 컴퓨터공학과
(Department of Computer Science Engineering,
Hanyang University)

Ⓞ Corresponding Author(E-mail: jklee@commlab.hanyang.ac.kr)
접수일자: 2014년01월24일, 수정일자: 2014년04월29일
수정완료: 2014년05월29일

제공한다^[1].

IEEE 802.15.6 WBAN은 의료 분야를 주요 관심 분야로 하며, 비의료 분야까지 동시에 제공하는 것을 목표로 한다. 또한 그림 1과 같이 10mW 이하의 저 전력 요구사항을 만족하면서 3m 이내의 범위에서의 인체 영역 통신을 수행하고, 10Kbps부터 10Mbps까지 유연한 전송 속도를 제공해야 한다. 의료 응용은 저속의 주기적인 데이터를 발생하는 특징을 가지고, 비의료 분야는 동영상, 오디오 스트리밍 데이터와 같은 고속의 데이터를 발생하는 특징을 가지며, WBAN은 이러한 의료 서비스와 CE(Consumer Electronics) 서비스를 동시에 제공할 수 있어야 한다^[2-3].

WBAN의 MAC 프로토콜은 IEEE 802.15 WPAN WG에서 정의한 기존의 MAC 프로토콜들과 밀접한 관련이 있으며, 저 전력 통신, QoS 보장, 신뢰성 있는 전송 등을 요구한다^[4-5]. WBAN은 사람을 중심으로 하나의 WBAN 허브와 다수의 WBAN 센서들로 구성된다^[6]. WBAN 센서는 용도에 따라 신체 주변에 착용하거나, 체내에 삽입하여 생체정보를 취합 혹은 신체 주변의 엔터테인먼트에 응용하는 곳에 활용된다. 허브는 이들 센서와 스타 토폴로지를 구성하여 양방향 통신 기능을 제공하며 이들 센서를 관리하고 제어한다. 기본적으로 모든 센서들과 허브들은 logical set 안에 구성된다. 그림 2와 같은 구성 형태를 가지며, BAN 안에는 단 하나의 허브만 존재한다. 또한 BAN안에는 0에서 mMaxBANSizes까지의 센서들을 가질 수 있다. 한 홉의 스타형 BAN에서는 모든 센서들이 허브와 다이렉트

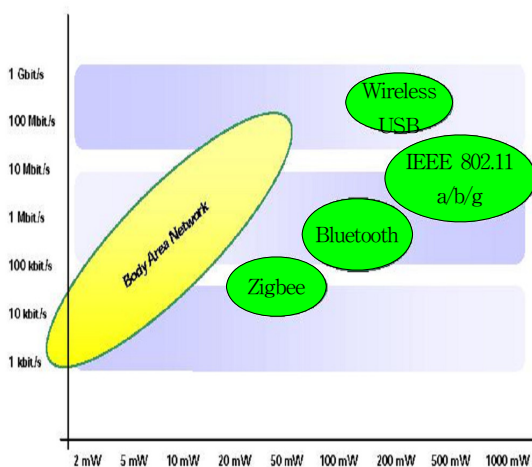


그림 1 WBAN의 데이터 전송률과 전력 요구사항
Fig. 1. Required data transfer rate and power in WBAN.

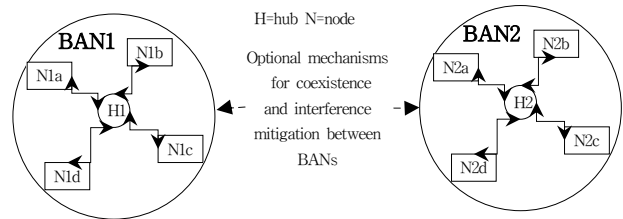


그림 2. WBAN의 기본 네트워크 토폴로지(BAN 1)와 추가적인 mechanism(BAN 1 & BAN 2)
Fig. 2. Base network topology(BAN 1) and optional mechanisms(BAN1 & BAN2) in WBAN

로 프레임 교환하게 된다. 두 홉의 확장 스타형 BAN에서는 추가적으로 가능한 센서를 거쳐 허브와 센서 사이에 프레임 교환을 할 수 있다.

WBAN의 센서들 중에 삽입형 센서들은 미국, 일본 등에서 의료용으로 할당된 400MHz 대역의 MICS(Medical Implant Communication Service) 대역을 사용하고, 삽입형 센서의 특성상 배터리 교환의 어려움 때문에 기존의 센서 네트워크 기술들에 비해 더 효과적인 저 전력 기술이 요구된다. 이러한 삽입형 센서들에 대해서 신체내부의 생물학적인 속성과 안테나의 높이가 패킷 손실에 영향을 미치고 있다^[7]. 삽입형 센서는 신체정보를 수집하고 전송하기에 패킷 손실이나 오류가 발생했다면 재전송을 해야 하고, 결국 삽입형 센서의 전력 소모로 이어지게 된다. 이는 신체에 센서를 삽입 하는 과정이 사람에게 큰 부담이 되는 상황에서 내부 센서의 라이프 타임에 영향을 미치게 된다.

본 논문은 CSMA/CA를 사용하는 WBAN에서 체내에 이식하는 센서의 에너지 사용량을 줄이기 위해 체내에 이식된 센서의 재전송을 외부의 센서에게 맡기는 방법을 사용한다. 기존의 CSMA/CA를 사용하는 센서가 프레임을 전송했을 때 오류가 발생하면 전송을 한 노드가 재전송을 담당했지만, 제안하는 방법은 재전송을 위한 외부 센서 ID를 내부 센서에서 참조하고 삽입된 센서의 기본 데이터 프레임을 전송할 때 외부 센서 ID를 포함하여 전송 하는 방법을 제안한다.

II. 본 론

1. LI Protocol

WBAN의 센서들은 양방향 통신이 모두 가능하다. 그림 3과 같이 네트워크가 구성된 상황에서 신체 내부

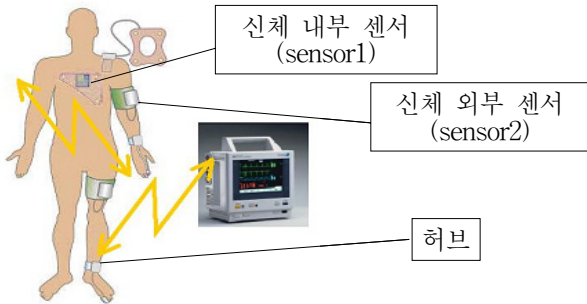


그림 3. WBAN의 내부 및 외부 센서의 구성 상황
Fig. 3. Implanted and external sensor's organization in WBAN.

에 삽입된 센서(sensor1)가 데이터를 전송했을 때, 신체 외부 센서(sensor2)와 허브 모두 데이터를 받을 수 있다. 하지만 sensor1이 전송하는 데이터는 신체를 통과하여 전송되기 때문에 허브나 외부 센서의 위치에 따라 BER(Bit Error Rate)이 다를 수 있다. 허브가 받은 프레임에 오류가 생겨서 nak를 전송하거나 혹은 허브가 프레임은 제대로 받았지만 허브가 전송한 ack가 오류가 발생했을 때, 또는 허브가 프레임을 받지 못해 timeout이 발생하는 경우 메디컬 데이터의 특성상 버릴 수 없는 데이터라면 재전송을 해야 한다. 이런 내부 센서의 재전송을 줄이기 위해 LI Protocol은 내부 센서가 재전송을 책임질 외부 센서의 ID를 갖도록 한다. 외부 센서의 ID를 저장하기 위해 내부 센서는 표 1의 알고리즘을 사용한다.

내부의 센서에서 전송 할 데이터가 발생했을 때 그림 4의 flow chart와 같은 알고리즘을 사용한다. sensor1에서 전송할 데이터가 발생했을 때 sensor1이

표 1. 내부 센서에서 외부 센서 ID를 저장하기 위한 알고리즘
Table 1. Algorithm for saving the external sensor's ID in implanted sensor.

(1) 외부 센서 ID를 갖고 있지 않을 때 - 내부 센서가 대기 중에 외부 센서가 허브에게 보낸 데이터를 받아본 후 오류가 없다면 재전송을 책임질 센서의 ID로 기록
(2) 외부 센서 ID를 갖고 있을 때 - 데이터에 외부 센서의 ID를 포함하여 전송, 만약 내부 센서가 직접 재전송을 하게 된다면 저장되어 있는 외부 센서의 ID를 삭제 후 (1)을 진행

재전송을 책임질 외부 센서의 ID를 갖고 있는지 먼저 확인한다. 외부 센서의 ID를 갖고 있지 않다면 sensor1은 외부 센서의 ID 없이 전송을 시작하고 이 데이터에 대한 재전송은 sensor1이 기존의 CSMA/CA 방식대로 한다. 전송이 성공 한 후에 sensor1이 대기 중 일 때, 재전송을 대신 해 줄 외부 센서의 ID를 저장하기 위해 외부 센서가 허브에게 전송하는 데이터를 받아본 후 외부 센서의 데이터를 에러 없이 받을 수 있다면 그 외부 센서의 ID를 재전송을 책임질 ID로 저장하고 더 이상 외부 센서가 허브로 전송하는 데이터는 받지 않는다. 반대로 sensor1이 재전송을 책임질 외부 센서의 ID(sensor2)를 갖고 있다면, sensor1이 데이터를 전송할 때 재전송 책임 센서인 sensor2의 ID를 포함하여 전송을 한다. 재전송이 요구 될 때 그림 5와 같이 sensor2가 sensor1이 보낸 데이터를 받지 못했다면 sensor1이 기존의 CSMA/CA 방식대로 재전송을 하도록 하고 표 1의 (2)의 방법대로 동작하도록 한다. 외부의 sensor2가 sensor1이 보낸 데이터를 받았다면

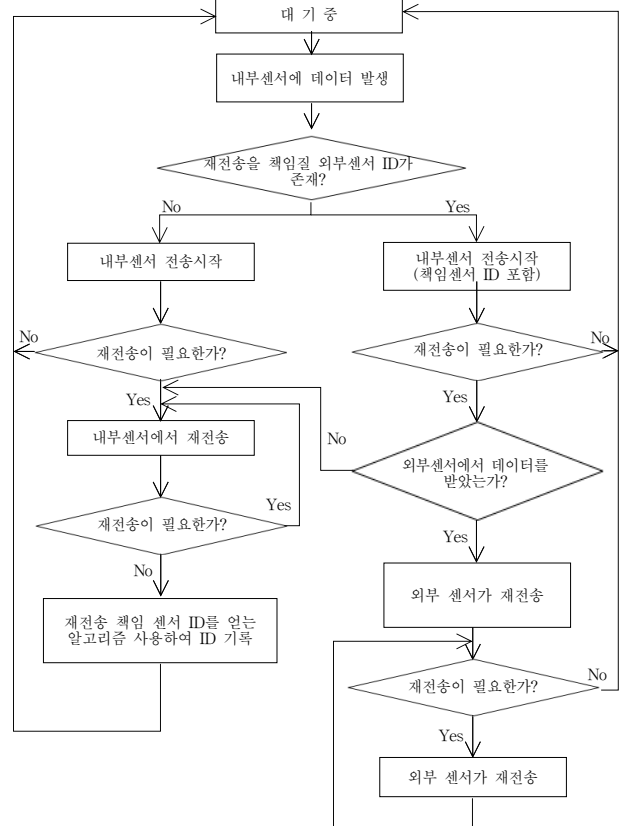


그림 4. 제안된 알고리즘의 flow chart
Fig. 4. Flow chart of proposed algorithm.

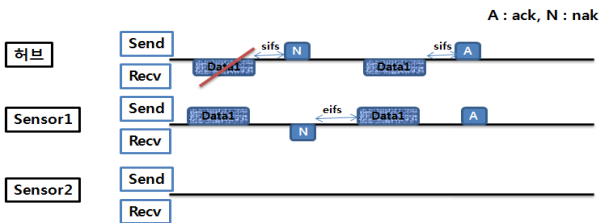


그림 5. sensor1의 전송을 sensor 2와 허브 모두 수신을 못했을 경우 재전송

Fig. 5. Sensor1 retransmits when sensor2 and hub don't receive right frame.

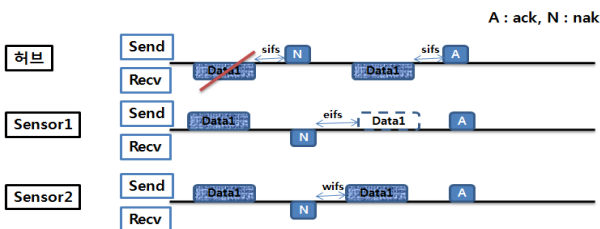


그림 6. sensor1의 전송을 sensor 2는 수신, 허브는 수신을 못했을 경우 재전송(프레임 안에 외부노드의 아이디가 존재)

Fig. 6. Sensor2 retransmits when doesn't receive right frame and sensor2 receives right frame. That frame has a sensor2's id.

표 2. 센서들의 충돌 회피 및 해결 알고리즘
Table 2. Collision avoid and resolve algorithm in network.

Case 1. 내부의 센서가 전송한 데이터에 대해 스스로 재전송을 할 때 : 데이터 충돌이 발생하면 idle state가 될 때까지 전송을 하지 않고 대기.(기본적인 CSMA/CA의 동작방식). idle state가 되면 다시 EIFS의 시간을 기다려 재전송을 시도.
Case 2. 외부의 센서들 중 재전송을 대신 하기 위해 선택된 센서가 재전송을 할 때 : 다른 센서들보다 ifs 값을 작게 한 WIFS값을 이용하여 채널을 더 빨리 사용 할 수 있도록 만들어 충돌을 회피하려는 시도.
Case 3. 외부 센서들의 데이터 충돌이 발생 : CSMA/CA 방식으로 대기한 후 다시 재전송을 시도.

sensor2가 sensor1보다 빠른 IFS(inter frame space)을 이용하여 재전송을 하게끔 한다. 만약 여러 개의 외부 센서가 존재한다면 책임 ID로 정해진 노드 외에는 재전송을 책임지지 않는다.

sensor2가 재전송을 대신하기 위해서 SIFS보다는 길

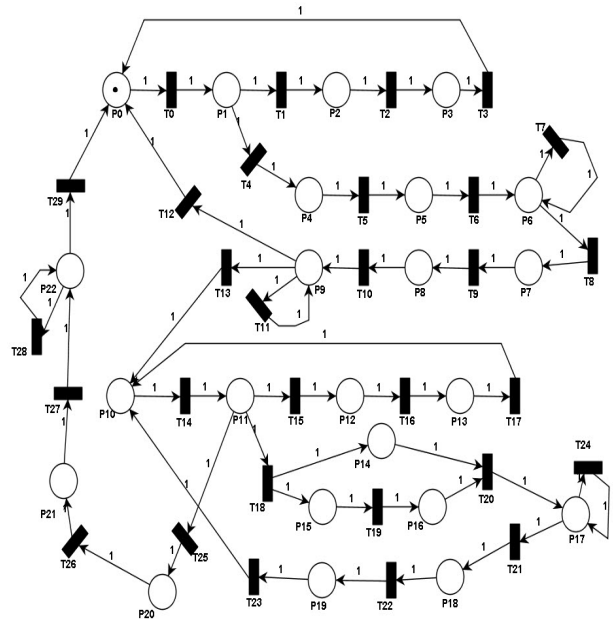


그림 7. Petri-net 모델
Fig. 7. Petri-net model.

고 EIFS보다는 짧은 WBAN용 WIFS를 만들어 sensor1이 재전송하기 위하여 기다리는 시간보다 짧은 IFS를 기다리게 하여 sensor2가 재전송을 하게끔 한다. 이번에 에러가 났던 프레임에 대해서는 프레임이 성공적으로 보내지기까지 전송 책임을 sensor2에게 맡긴다.

내부 센서와 외부 센서들 사이에서 재전송을 하려 할 때 충돌이 발생할 수 있으므로 이를 회피하기 위한 알고리즘은 표 2와 같다.

이 제안된 알고리즘에 대해 내부 센서에 재전송을 책임져줄 외부 센서의 ID가 없는 상황에서의 petri net 모델링은 그림 7과 같고, petri net 모델에서 각각의 places들의 정의는 표 3과 같다.

표 3. Petri net 모델링의 각 place의 정의
Table 3. Definition of places in petri net modeling.

Place	정 의
P0	내부 센서에 전송할 것이 없는 대기 상태
P1	외부 센서의 기록된 아이디 없이 데이터를 전송하는 상태
P2	허브에서 데이터 전송을 제대로 수신한 상태
P3	채널에 Ack가 전송중인 상태
P4	내부 센서가 전송 한 데이터에 대해 문제가 발생한 상태(프레임 에러, timeout, ack 분실 또는 오류)

P5	재전송이 요구되는 상태
P6	내부 센서가 재전송을 하는 상태
P7	허브가 내부 센서에서 재전송 한 데이터를 받은 상태
P8	채널에 Ack가 전송중인 상태
P9	내부 센서가 외부 센서의 ID를 기록하려는 상태 (내부 센서에 재전송을 책임져줄 외부 센서의 ID가 기록된 상황)
P10	내부 센서에 외부 센서의 ID가 기록이 된 상태
P11	외부 센서의 기록된 아이디를 포함하여 데이터를 전송하는 상태
P12	허브에서 데이터 전송을 제대로 수신한 상태
P13	채널에 Ack가 전송중인 상태
P14	외부 센서가 내부 센서가 보낸 데이터를 수신한 상태
P15	내부 센서가 전송 한 데이터에 대해 허브와 문제가 발생한 상태(프레임 에러, timeout, ack 분실 또는 오류)
P16	재전송이 요구되는 상태
P17	외부 센서가 재전송을 대신 해주는 상태
P18	허브가 데이터를 제대로 수신한 상태
P19	채널에 Ack가 전송중인 상태
P20	허브가 내부 센서가 보낸 데이터를 제대로 수신 못한 상태
P21	Nak가 전송되는 상태
P22	내부 센서가 기록된 외부 센서의 아이디를 삭제하고 재전송을 하는 상태

III. 실험

이 장에서는 제안된 프로토콜의 성능을 평가하기 위해 실험 환경을 정의하고, 제안한 프로토콜과 WBAN 표준의 성능비교 결과를 기술한다. 본 논문에서 제안하는 LI 프로토콜과 WBAN 표준의 CSMA/CA 방식과의 비교를 위해서 동일한 환경을 기준으로 Visual C++ 6.0을 이용하여 시뮬레이션을 하였다.

1. 기본 모델

기본 모델은 WBAN에서 정의하고 있는 내용을 기반으로 설정 하였으며, 성능 평가를 수행하기 위하여 다음의 가정들을 사용하였다. 첫째, 스테이션들은 동일한

전송범위를 가지고 있다. 둘째, 스테이션들은 성능평가 도중 통신 불가능한 외부로 이동하지 않고, 고정되어 있으며 무선으로 통신한다. 셋째, 새로운 센서가 네트워크에 들어오지 않는다. 넷째, 각 내부 센서에서 허브로의 BER은 모두 같다.

각 노드들은 주기적으로 의료 데이터를 생성하며 채널을 사용하기 위해 경쟁을 한다. 경쟁에서 성공한 센서는 채널을 통해 데이터를 전송하는데, BER에 따라 확률적으로 데이터에 오류를 발생시키고 재전송을 하도록 하였다. 이 재전송을 위해 기존 방식을 사용하는 것과 제안한 프로토콜을 사용하는 것을 시뮬레이션 하였다.

시뮬레이션에서 전송 할 때와 전송 받을 때의 에너지 소모 공식으로 $E_{Tx}(k, d)$ 와 $E_{Rx}(k)$ 를 사용하였다. $E_{Tx}(k, d)$ 는 거리 d 상에서 하나의 k 비트 패킷을 전송할 때 측정된 에너지 소모량이며 $E_{Rx}(k)$ 는 다른 센서로부터 하나의 k 비트 패킷을 받을 때 소모되는 에너지량이다. $E_{Tx}(k, d)$ 와 $E_{Rx}(k)$ 는 다음과 같이 주어진다^[8].

$$E_{Tx}(k, d) = E_{elec} * k + e_{amp} * k * d^2 \quad (1)$$

$$E_{Rx}(k) = E_{elec} * k \quad (2)$$

E_{elec} , e_{amp} , k 는 각각 무선 전자, 전송 증폭기, 데이터 크기를 의미한다.

시뮬레이션을 위한 파라미터는 표 4와 같이 가정하였다^[9]. BER은 신뢰도가 있다고 믿어지는 환경인 $1.0 * 10^{-5}$

표 4. 성능 평가를 위한 파라미터
Table 4. Parameter for performance evaluation.

기본 센서 에너지양	2.5 J
내부 센서의 수	10 개
BER	$1.0 * 10^{-6}$, $1.0 * 10^{-5}$
의료 데이터 패킷 크기	800 Bytes
Transmitter Electronics ($E_{Tx-elec}$) Receiver Electronics ($E_{Rx-elec}$) ($E_{Tx-elec} = E_{Rx-elec} = E_{elec}$)	50 nJ/bit
Transmit Amplifier (e_{amp})	10 pJ/bit/m^2
전송속도	250 KBps

10^{-6} 을 기준으로 변화하는 것과 신체 내부에 삽입 된 환경을 감안하여 높은 에러율인 1.0×10^{-5} 을 기준으로 변화하는 시뮬레이션을 하였다.

2. Performance evaluation

그림 8과 그림 9는 BER의 변화에 따른 라이프 타임, 그림 10과 그림 11은 average delay를 측정하였다. 시뮬레이션의 결과 값은 내부 센서 중 하나의 센서라도 에너지를 다 사용했을 때 까지를 기준으로 반복하여 평균을 계산하였다. 그림 8과 그림 10은 BER이 1×10^{-6} 을 기준으로 배수로 증가 하는 경우의 시뮬레이션이며 그림 9와 그림 11은 BER이 1×10^{-5} 를 기준으로 배수로 증가 하는 경우의 시뮬레이션이다.

그림 8과 9의 그래프를 살펴보면 BER 수치가 낮을 때는 기존 WBAN의 기본 프로토콜과 제안하는 LI 프

로토콜의 라이프 타임이 비슷하다. 하지만 BER의 값이 커질수록 내부 센서에서 전송하는 프레임에 오류가 많이 발생하기 때문에 재전송이 많아지게 되고, 이 재전송하는 프레임들에 대해서도 기존 방식은 내부 센서에서 재전송을 다시 하기 때문에 프레임에 오류가 발생할 확률이 여전히 높은 상태이다. 제안하는 방식은 외부 센서에서 재전송을 대신 해주기 때문에 재전송하는 프레임들이 다시 오류가 발생할 확률이 기존 방식 보다는 낮아진다. 이런 이유로 제안하는 방식보다 WBAN 기본 프로토콜의 오류가 더 많이 발생하고 재전송을 더 많이 하기에 라이프 타임이 현저히 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

그림 10과 그림 11의 average delay를 살펴보면 BER이 커질수록 WBAN 기본 프로토콜의 delay가 커지는 것에 비해 제안한 LI 프로토콜의 delay는 상대적으로

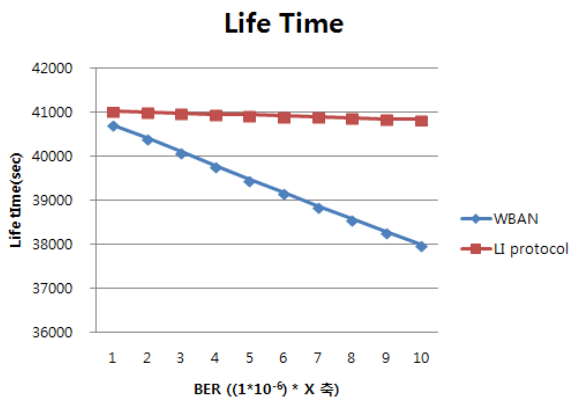


그림 8. Life time(BER : 1×10^{-6})
Fig. 8. Life time(BER : 1×10^{-6}).

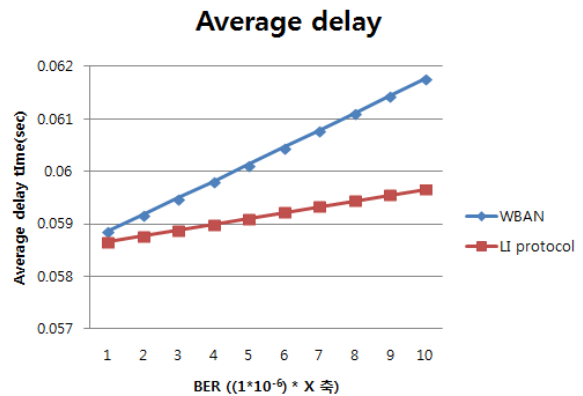


그림 10. Life time(BER : 1×10^{-6})
Fig. 10. Life time(BER : 1×10^{-6}).

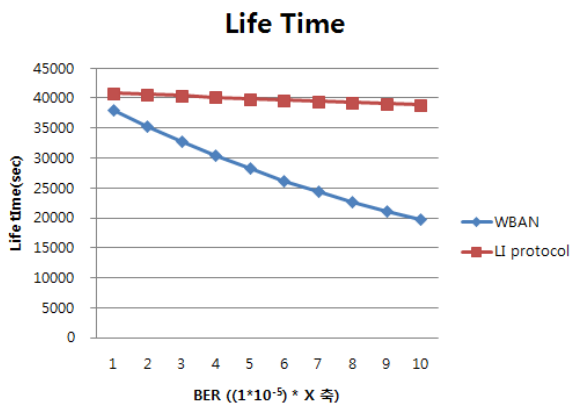


그림 9. Life time(BER : 1×10^{-5})
Fig. 9. Life time(BER : 1×10^{-5}).

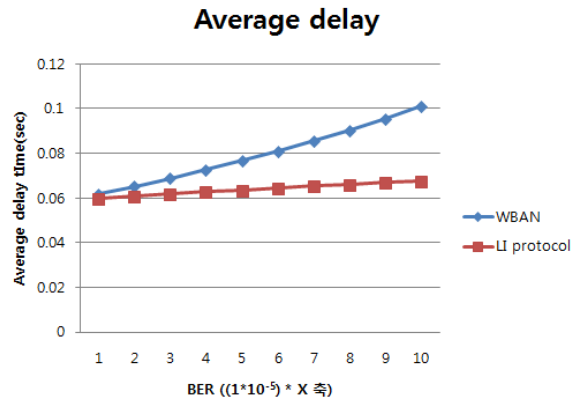


그림 11. Life time(BER : 1×10^{-5})
Fig. 11. Life time(BER : 1×10^{-5}).

적은 증가폭을 보이고 있었다. 기존 방식은 재전송을 위해 다시 경쟁을 하고 채널 획득을 하는 방법을 사용하였지만 제안한 프로토콜에서는 외부 센서가 재전송을 해주는 경우에는 경쟁을 하지 않고 빠르게 재전송을 시도하고 또한 다시 오류가 날 확률도 적기에 average delay가 기존 방식보다 LI 프로토콜이 더 작은 것을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

우리는 외부 센서의 ID를 추가하여 삽입된 센서의 재전송을 대신 해주는 LI 프로토콜을 제안하고, 시뮬레이션을 통해 신체 내부에 삽입된 센서의 라이프 타임이 향상되는 것을 검증해 보였다. 논문에서 제안한 방법은 이론상 삽입된 센서들의 라이프타임에 있어서 향상 될 수 있을 거라고 예측 할 수 있었고, 이론에 따라 시뮬레이션을 해본 결과 실제로 삽입된 센서들의 라이프 타임에 있어서 향상 될 을 알 수 있었다.

향후에는 삽입 된 센서 및 외부 센서의 라이프 타임을 같이 향상 시키는 방법을 연구할 것이며, WBAN에서의 삽입 센서의 라이프 타임 향상 연구에 본 논문이 도움이 되길 바란다.

REFERENCES

- [1] Body Area Network(BAN) Technical Requirements, IEEE 802.15-07-0867-03-0ban.
- [2] S. Drude, "Requirements and application scenarios for body area networks", in Proc. Mobile Wireless Commun. Summit, 16th IST, pp.1-5, Jul 2007
- [3] BAN application matrix, IEEE 802.15-07-0735-00-ban.
- [4] Open issues on the BAN, IEEE 802.15-07-0534-00-0ban.
- [5] The MAC Protocol Requirements for BAN, IEEE 802.15-08-0053-01-0006.
- [6] TG6 Draft, IEEE P802. 15-10-0245-04-0006.
- [7] D. Kurup, W. Joseph, G. Vermeeren, and L. Martens, "Path loss model for in-body communication in homogeneous human muscle tissue," Electron. Lett., 45, pp. 453-454, 2009.
- [8] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks," in Proc. 33th Annu. Hawaii Int'l. Conf., System Sciences, vol. 2, pp. 10-19, Jan. 2000.
- [9] Hyunsuk Yang, Dohyung Kim, Joonyeol Park, and Taebong Lee, "A New Routing Algorithm for Performance improvement of Wireless Sensor Networks", Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 49-CI, No. 1, pp. 39-45, January 2012.

저 자 소 개



박진철(학생회원)
2006년 2월 한양대학교
컴퓨터공학과 학사 졸업.
2006년~현재 한양대학교
컴퓨터공학과
석박사 통합과정

<주관심분야 : 차세대 이동통신, 센서 네트워크,
광대역 무선통신>



이정규(정회원)
1979년 2월 한양대학교
전자공학과 졸업
1986년 5월 미국 UCLA
전자공학과 석사
1989년 2월 미국 UCLA
전자공학과 공학박사
1990년 2월~현재 한양대학교 컴퓨터공학과 교수
1979년 3월~1984년 8월 국방과학 연구소 연구원
1989년 3월~1990년 2월 삼성전자 정보통신
연구소 수석 연구원

<주관심분야 : 차세대 이동통신, 광대역 무선 통
신망>