

WBAN을 지원하기 위한 개선된 슈퍼프레임 구조를 가지는 TDMA 기반의 CSMA/CA MAC 프로토콜

(Improved TDMA with Superframe Structure-based CSMA/CA MAC protocol for Wireless Body Area Network)

이재수* · 안정근 · 윤찬영**

(Jae-Soo Lee · Jeong-Keun Ahn · Chan-Young Yun)

Abstract

Due to the development of information and communication, there is a rising interest on WBAN(Wireless Body Area Network) that maintain and check the human being health. According to the application of different quality of service and a special mechanism for transferring medical data are required in WBAN environment. In this paper, we proposed the new formed superframe that has CSMA/CA based TDMA scheduling and CSMA/CA used IEEE 802.15.4 in order to process emergency data and on-demand data in WBAN environment. We estimated performance of the proposed MAC protocol by compared performance of other MAC protocols that are IEEE 802.15.4 MAC protocol and Z-MAC protocol has contention access period based TDMA scheduling.

Key Words : WBAN, Wireless Body Area Network, TDMA, 802.15.4, 802.15.6

1. 서 론

최근 정보통신 기술의 발전과 인간의 건강을 효과적으로 유지하려는 요구가 증가함에 따라 원격에서 건강 상태를 검진하여 질병을 방지하거나 만성적인 환자의 건강 상태를 장기적으로 관찰할 수 있는 새로운 기술인 u-Healthcare 서비스를 지원하기 위한 무선

통신 기술인 WBAN(Wireless Body Area Network)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-2].

WBAN을 지원하기 위해서는 처리율을 높이고 전송 지연을 줄이고 충돌과 패킷 오버헤드와 같은 요소들을 없앴으로써 에너지 소비율을 줄여 네트워크의 생존성을 높여야 하는 과제가 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 IEEE 802.15.4를 WBAN에 적용하려는 연구가 진행이 되고 있으나 전송률이 250[kbps] 미만인 환경을 지원한다는 한계점을 가지고 있으며 은닉 노드 문제점(hidden terminal problem)을 해결하기 위해 사용하게 되는 RTS/CTS에 따른 부가적인 채널 점유율이 40~75[%]에 이르는 단점이 있다[3]. 반면에 TDMA의 경우 고속 전송 및 높은 대역폭 이용률을

* 주저자 : 김포대학 정보통신과 교수
** 교신저자 : 계원디자인예술대학 디지털콘텐츠군 조교수
Tel : 031-999-4153, Fax : 031-999-4775
E-mail : jslee@kimpo.ac.kr
접수일자 : 2011년 11월 8일
1차심사 : 2011년 11월 10일, 2차심사 : 2012년 1월 3일
심사완료 : 2012년 1월 9일

가지고 있지만 프레임이 끝날 때 마다 동기화가 필요하다는 점과 응급 상황이나 관리자가 정보를 요청하는 경우에 대한 트래픽 상황을 처리하기 어렵다는 단점을 가지고 있다. WBAN 환경에서는 애플리케이션에 따른 상이한 서비스 품질과 의료용 데이터를 전달하기 위한 특별한 매커니즘이 요구된다[4-5].

본 논문에서는 WBAN 환경에서 요구하는 조건과 다양한 트래픽 상황을 만족시키기 위해 경쟁기반 MAC 프로토콜인 IEEE 802.15.4의 슈퍼프레임 구조와 스케줄 기반의 TDMA 구조를 재구성하여 hybrid 방식의 경쟁기반의 스케줄 구조를 갖는 프로토콜을 제안하였다.

2. 관련이론

2.1 WBAN MAC 프로토콜

IEEE 802.15 WPAN WG에서 정의한 MAC 프로토콜은 그림 1과 같다. IEEE 802.15.1은 Bluetooth에 대한 표준으로 폴링 기반의 MAC 프로토콜을 정의하고 있다. IEEE 802.15.3은 고속 전송률 WPAN에 관한 MAC 프로토콜을 정의하고 있으며 IEEE 802.15.4는 저속 전송률 WPAN에 관한 MAC 프로토콜을 정의하고 있다. WBAN MAC의 경우 WPAN MAC과 밀접하게 관련이 있으며 추가로 MAC 프로토콜이 갖추어야 할 조건들로 저전력 통신, QoS 보장, 높은 보안성, 확장성, 신뢰성 있는 전송 등을 요구하고 있다.

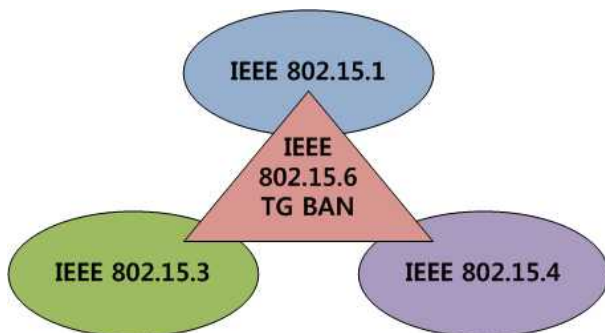


그림 1. WPAN과 WBAN의 관계
Fig. 1. The relationship between the WPAN and the WBAN

2.2 IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.4는 비컨의 사용의 유무에 따라 비컨 사용 모드와 비컨 비사용 모드로 구분한다. 슈퍼프레임은 비컨을 사용하는 비컨 사용 모드에서 PAN 코디네이터와 PAN에 가입된 디바이스 사이에 주고받는 프레임의 구조를 말한다. 비컨은 PAN 코디네이터와 PAN에 가입된 디바이스 사이에 슈퍼프레임 구조로 동기를 맞추어 WPAN의 환경에 따라 선택적으로 사용할 수 있게 한다. 그림 2는 IEEE 802.15.4 슈퍼프레임 구조를 나타낸다.

IEEE 802.15.4 슈퍼프레임의 구조는 크게 활동구간과 비활동구간으로 구분한다. 슈퍼프레임의 활동구간은 동일 크기의 16개 슬롯으로 나누어지며 비컨, CAP(Contention Access Period)와 CFP(Contention Free Period) 세 구간으로 구성된다. 비컨은 PAN 코디네이터가 PAN에 가입된 디바이스에게 비컨을 전송하여 슈퍼프레임의 동기를 맞추고 슈퍼프레임의 환경 설정에 관한 파라미터를 전송한다. CAP구간에서는 PAN 코디네이터와 통신을 원하는 다수의 디바이스가 Slotted CSMA/CA를 사용하여 경쟁적으로 채널에 접근한다. CFP구간에서는 GTS(Guaranteed Time Slot) 구간의 사용을 원하는 디바이스의 요청의 의해 PAN 코디네이터가 디바이스에게 GTS 할당여부에 따라서 채널에 접근한다. IEEE 802.15.4의 표준에서는 CFP구간에서 GTS 슬롯을 7개까지 할당할 수 있다. 활동구간의 기간은 SD(Superframe Duration)값으로 SO

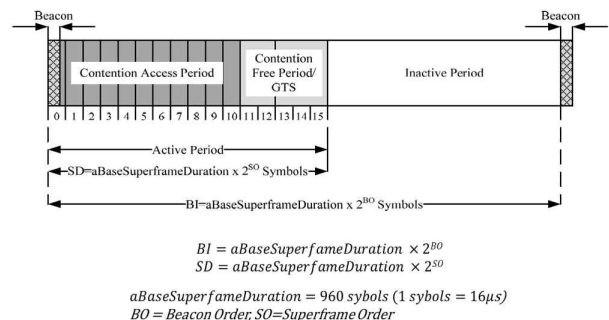


그림 2. IEEE 802.15.4 슈퍼프레임 구조
Fig. 2. The superframe structure of IEEE 802.15.4

(Superframe Order)의 값이 결정된다. 슈퍼 프레임에서 사용되는 SO와 BO의 값의 범위는 0부터 14까지 사용할 수 있다. 슈퍼 프레임 구조의 사용을 원하지 않는 비컨 비사용 PAN은 SO와 BO가 15로 설정된다.

2.3 TDMA MAC 프로토콜

TDMA MAC 프로토콜을 사용하는 노드는 전송, 수신, Idle Listening 및 Sleep이라는 4가지 동작 모드를 가진다. Idle Listening 모드에서는 노드가 데이터를 전송하지 않더라도 예약된 슬롯 타임 구간에서는 무선 디바이스가 동작하고 이러한 동작 모드는 수신 모드에서 사용되는 전력의 50~100%의 전력을 소모하게 된다[3]. 이러한 문제를 해결하기 위해서 BMA MAC 프로토콜에서는 데이터 전송과 수신에 관여하지 않는 노드는 Idle Listening 모드를 동작 중지(Turn-off) 상태로 전환하여 Idle Listening에서 소모되는 전력 소모를 줄이는 방법을 제안하였다[6].

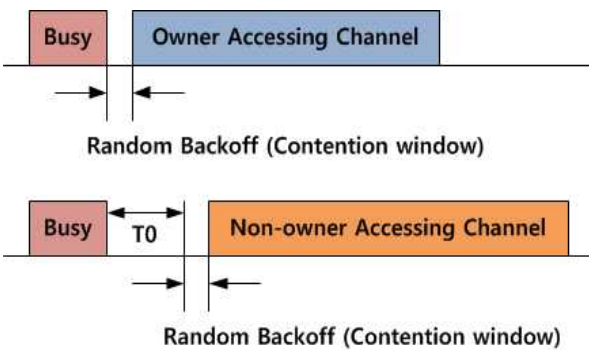


그림 3. Z-MAC 프로토콜에서 사용하는 전송 제어 기법
Fig. 3. The transmission control method for the Z-MAC protocol

Z-MAC(Zebra MAC) 프로토콜은 TDMA와 CSMA 프로토콜의 장점을 혼합한 알고리즘으로 채널 경쟁이 낮은 상태에서는 CSMA를 사용하며 채널 경쟁이 높은 상태에서는 TDMA를 사용한다. Z-MAC 프로토콜을 사용하는 노드들은 채널 재사용 스케줄링 알고리즘인 DRAND[7] 기술을 이용하여 타임 슬롯을 할당하며, 패킷을 전송하기 전에 항상 매체 사용여부 감지(Carrier Sensing)를 수행하여 해당 채널이 비었을 경

우 패킷을 전송한다. Z-MAC 프로토콜에서는 연결된 노드의 수만큼 타임 슬롯을 할당해서 사용하는 방식으로 CSMA를 기반으로 하고 있기 때문에 성능이 최저로 저하되면 CSMA의 성능에 가까워진다. 노드를 Owner(타임 슬롯 소유권을 가지고 있는 노드)와 Non-owner(타임 슬롯 소유권을 가지고 있지 않은 노드)로 나누어서 owner는 자신에게 할당된 타임 슬롯을 사용할 수 있는 우선권을 부여 받지만 사용하지 않을 때는 non-owner와 경쟁을 하기 때문에 CSMA와 같은 동작을 수행하게 된다. Owner는 그림 3과 같이 Random Backoff 만큼 기다렸다가 매체 사용여부 감지를 수행한다. 채널을 사용하고 있지 않으면 전송을 시작하며 owner가 non-owner보다 더 작은 contention window를 가지고 있으므로 채널 사용의 우선 순위를 확보할 수 있게 된다. Non-owner는 owner보다 더 큰 contention window를 가지고 있기 때문에 T0만큼의 시간을 더 기다리게 되며 Owner가 타임 슬롯을 사용하고 있지 않을 경우 non-owner가 타임 슬롯을 사용할 수 있게 됨으로 채널 이용률을 높일 수 있다[3].

3. 제안하는 슈퍼프레임 구조

IEEE 802.15.4와 Z-MAC 프로토콜의 슈퍼프레임 구조는 응급 상황(Emergency Traffic)과 관리자가 요구하는 트래픽(On-demand Traffic)을 지원하기가 어렵다. IEEE 802.15.4의 경우 CAP구간에서는 주기적인 데이터 전송과 CFP구간에서는 응급 및 실시간 데이터 전송이 보장되어야 하지만 CFP가 최대 7개로 제한되어 있기 때문에 실시간 전송을 요구하는 데이터의 크기가 크거나 노드가 많은 경우 CFP를 이용해서 응급상황과 관리자가 요구하는 트래픽 상황을 지원하기가 어렵다. Z-MAC의 경우 링크가 변화하게 되면 네트워크 재설정(Resynchronization)을 해야 하기 때문에 시간 지연 및 오버헤드가 부가적으로 발생한다. 또한 모든 노드가 공평하게 타임 슬롯을 할당 받기 때문에 혈압 데이터와 같이 다른 데이터에 비해서 전송 주기가 긴 데이터(sporadic data)를 전송하는 경우나 ECG(Electrocardiogram)처럼 전송 주기가 매우 짧은

데이터를 전송하게 경우와 같이 서로 다른 서비스를 요청하게 되는 어플리케이션이 존재하는 WBAN 환경에는 부적합하다.

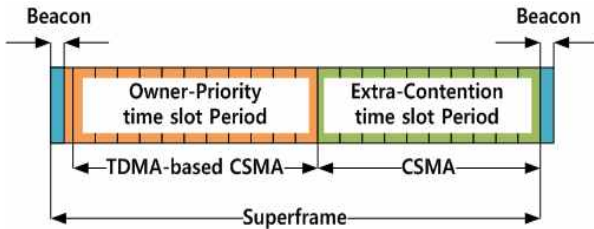


그림 4. 제안하는 슈퍼프레임 구조
Fig. 4. The Proposed superframe structure

WBAN 환경을 지원하기 위해 제안하는 슈퍼프레임 구조는 그림 4와 같다. 앞에서 제시한 IEEE 802.15.4와 Z-MAC 프로토콜의 슈퍼프레임의 문제점을 해결하기 위하여 타임 슬롯 구간을 TDMA 기반의 CSMA 구간과 CSMA 구간으로 나누어 사용한다. Owner-Priority time slot Period는 TDMA 기반의 CSMA 구간으로써 Z-MAC과 같은 방식으로 타임 슬롯을 할당하고 응급 데이터를 전송해야 하는 경우 owner와 non-owner를 구분하지 않고 현재 스케줄에 따라 할당된 타임 슬롯을 사용할 수 있는 우선순위 기법을 적용하였다. WBAN에서 응급 데이터는 환자의 생명과 직접적인 연관이 있기 때문에 가장 빠른 시간 안에 전송을 해야 하며 다른 데이터보다 먼저 처리되어야 한다. 응급 데이터를 전송해야 하는 노드는 기본적으로 정의되어 있는 T_0 의 시간을 무시하고 backoff 시간을 기본 값보다 작게 설정함으로써 가장 먼저 타임 슬롯을 점유하여 가장 먼저 응급 데이터를 전송할 수 있도록 해야 한다. TDMA 기반의 CSMA 구간에서 자신의 타임 슬롯을 뺏긴 owner는 매체 사용여부 감지를 통해 자신의 타임 슬롯을 뺏긴 걸 확인할 수 있으며 타임 슬롯을 할당 받는 TDMA 구간이 끝나고 CSMA 구간에서 자신의 데이터를 전송하기 위해서 다른 노드들과 경쟁하게 된다. 결과적으로 제안하는 슈퍼프레임 구조는 TDMA 기반의 CSMA 구간에서 응급 데이터를 먼저 처리한 후 CSMA구간에서 비응급 데이터를 처리하는 구조를 가지게 된다.

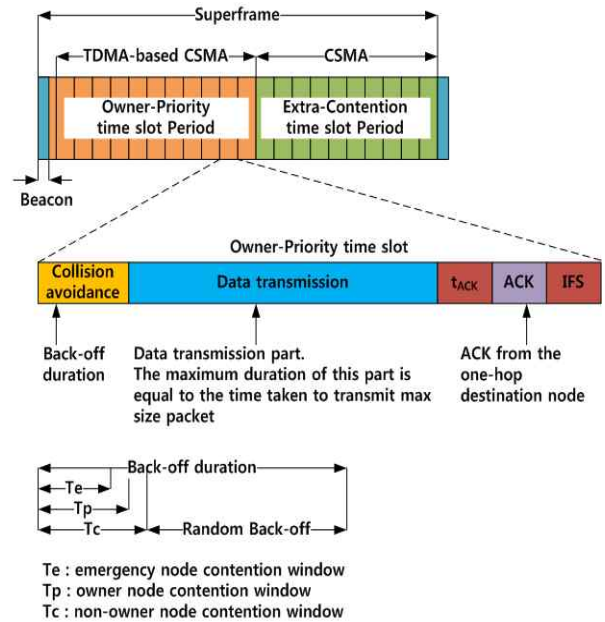


그림 5. Owner-Priority time slot Period 구조
Fig. 5. Owner-Priority time slot Period structure

Z-MAC 프로토콜을 확장한 스케줄링 기반의 경쟁 구간인 Owner-Priority time slot Period의 구조는 그림 5와 같다. WBAN을 구성하는 노드는 어플리케이션별 전송하는 데이터의 주기가 서로 다르기 때문에 서로 다른 duty cycle을 가진다. 따라서 스케줄에 맞추어 할당된 타임 슬롯만을 이용해서 전송하게 되는 TDMA 기법만을 활용할 경우 채널의 이용률이 떨어질 수 있다. 제안하는 슈퍼프레임 구조에서는 owner가 자신의 타임 슬롯을 다른 노드가 사용할 수 있도록 양보를 하는 구조를 가지게 되므로 전체 채널 이용률을 높일 수 있고 응급 상황을 알리는 데이터를 우선적으로 처리해야 하는 WBAN에 맞도록 전송 데이터에 우선 순위 할당하여 빠른 처리가 가능하도록 제안하였다.

Extra-Contention time slot Period의 구조는 그림 6과 같다. 기본적으로는 CSMA의 구조를 따르지만 응급 메시지와 owner-priority time slot period에서 자신의 타임 슬롯을 뺏긴 노드에 대한 back-off duration을 별도로 두는 것과 네트워크 제어 메시지에 대한 전송 및 업링크 메시지 전송 처리를 Extra CSMA 구간에서 모두 처리한다는 차이점이 있다.

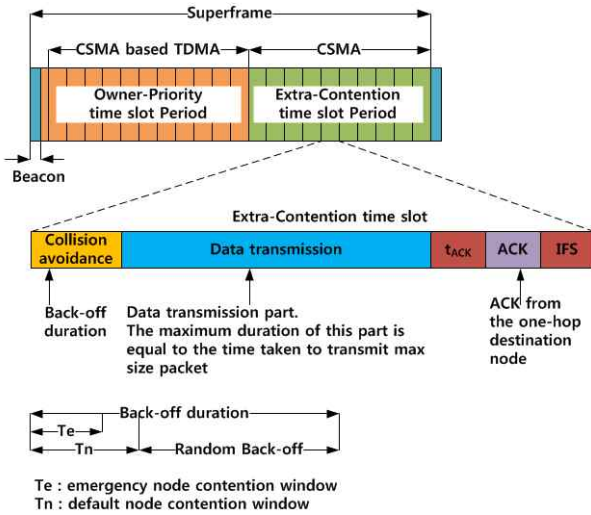


그림 6. Extra-Contention time slot Period 구조
Fig. 6. Extra-Contention time slot Period structure

4. 성능 평가

제안한 슈퍼프레임 구조를 갖는 MAC 프로토콜의 성능을 측정하기 위해서 OMNeT++ 기반의 시뮬레이션 모델인 Castalia를 사용하여 IEEE 802.15.4와 Z-MAC과의 성능을 비교 평가하였다. 제안한 슈퍼프레임 구조의 성능 평가에 사용된 환경 변수들은 WBAN 환경에 맞게 설정하였다. 3[m]×3[m] 크기의 공간을 설정하고 중앙에 1개의 BAN 코디네이터와 주위에 20개의 BAN 노드를 배치하였다. WBAN에서 사

표 1. 성능 평가 파라미터
Table 1. The parameter of performance evaluation

파라미터	값
Traffic Type	CBR
Size of Environment	3[m]×3[m]
Number of Nodes	20
Number of Coordinator	1
Topology	Star
Node Movement	None
Packet Size	100[byte]
txpower	18.8[mW]
rxpower	17.4[mW]
idle power	1.28[mW]

용되는 애플리케이션의 종류는 심전도, 위치확인, 혈압 등을 포함하여 20개 내외로서 각각의 애플리케이션에 따라 1개의 노드를 동시에 사용하였을 때를 고려하여 20개의 노드가 경쟁하는 구조를 가정하였다. 동기화 패킷의 분실은 고려하지 않았으며 노드는 고정되어 있는 것으로 가정하였다. 또한 WBAN 환경에 맞게 응급 노드를 5개를 선정하여 시뮬레이션 과정 중 임의의 시간에 응급 데이터를 임의로 발생시키도록 하였다. 시뮬레이션 시간은 100초로 설정하여 전송 지연, 전송 에너지 소모량, 전송 데이터량, 전송 데이터 처리량에 대한 성능을 평가하였다.

4.1 전송 지연

전송 지연이란 하나의 패킷을 전송하여 그에 대한 응답을 받는 RTT(Round Trip Time)을 의미한다. 그림 7은 제안한 슈퍼프레임 구조를 갖는 MAC 프로토콜의 데이터 전송 지연을 보여주고 있다. 네트워크를 구성하고 있는 20개의 노드가 동시에 패킷을 전송할 때 임의의 노드를 하나 선출하여 30개의 패킷을 전송할 때의 패킷 전송 지연 시간을 측정하였다. 패킷 전송 지연 시간은 최대 94[ms]에서 최소 3[ms]로 IEEE 802.15 TG6에서 권고하고 있는 전송지연 조건인 100[ms] 미만을 만족하고 있음을 알 수 있다.

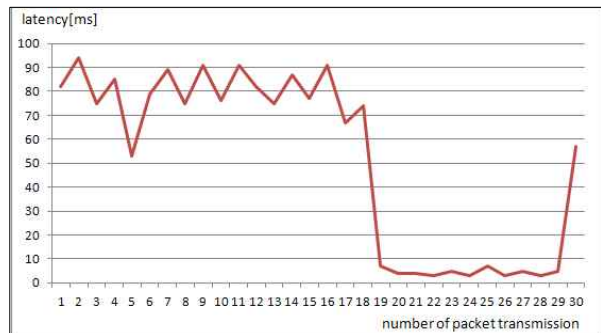


그림 7. 패킷 전송 지연 시간
Fig. 7. The delay time of packet transmission

4.2 전송 에너지 소모량

그림 8은 IEEE 802.15.4, Z-MAC, 제안하는 슈퍼프

레이프 구조를 갖는 MAC 프로토콜의 전송 에너지 소모량을 비교한 그림이다. Z-MAC과 제안하는 슈퍼프레임 구조를 갖는 MAC 프로토콜은 Idle Listening과 데이터 전송 충돌로 인한 데이터 재전송으로 인해 소모되는 에너지양이 적기 때문에 경쟁 기반 데이터 전송 기법을 사용하는 IEEE 802.15.4에 비해서 Z-MAC과 제안하는 MAC 프로토콜의 에너지 소모량이 적은 것을 알 수 있다.

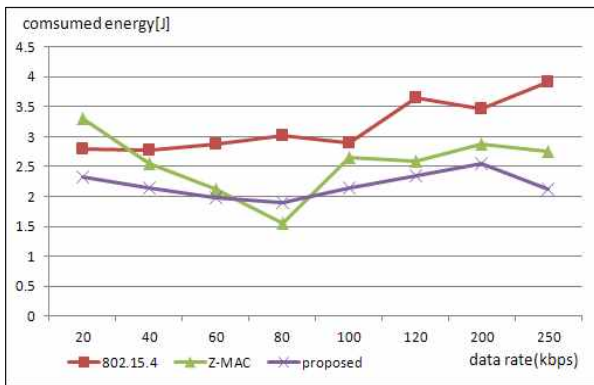


그림 8. 전송 에너지 소모량
Fig. 8. The energy consumption

4.3 전송 데이터양

그림 9는 IEEE 802.15.4, Z-MAC, 제안하는 슈퍼프레임 구조를 갖는 MAC 프로토콜을 적용한 노드들의 총 전송 데이터양을 비교한 그림이다. 제안하는 슈퍼

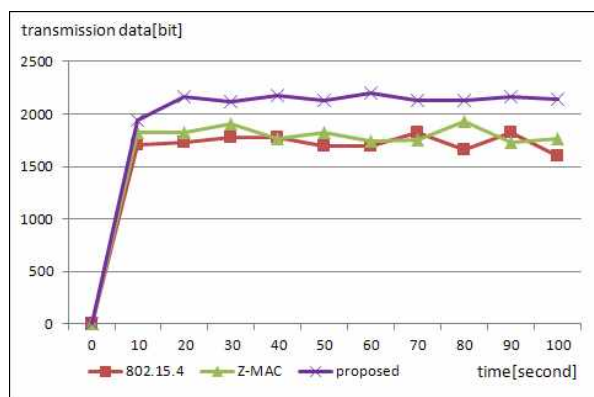


그림 9. 전송 데이터양
Fig. 9. The transmission data quantities

프레임 구조를 갖는 MAC 프로토콜은 스케줄링 기반의 경쟁 구간을 갖기 때문에 Owner-Priority time slot Period에서는 자신의 타임 슬롯을 활용하여 데이터를 전송하고 Extra-Contention time slot Period에서는 경쟁을 통해 데이터를 전송하게 된다. 따라서 처음부터 경쟁을 통해서 데이터를 전송하는 802.15.4보다는 더 많은 데이터를 전송할 수 있다. Z-MAC의 경우 TDMA 구조 때문에 802.15.4보다는 많은 데이터를 전송하지만 낭비되는 타임 슬롯이 생길 수 있기 때문에 제안하는 슈퍼프레임 구조를 갖는 MAC 프로토콜에 비해 전송되는 데이터양은 적다.

4.4 전송 데이터 처리량

전송 데이터 처리량은 일정 시간동안 전송된 패킷의 데이터 총량으로 정의하며 망 전체의 전송 용량을 가늠할 수 있는 측정 지표로 사용된다. 그림 10은 데이터 전송량을 20[kbps]에서 250[kbps]까지 변화시켰을 때의 IEEE 802.15.4, Z-MAC, 제안하는 슈퍼프레임 구조를 갖는 MAC 프로토콜의 전송 데이터 처리량을 비교한 그림이다. 시뮬레이션 환경을 구성하고 있는 노드의 수를 20개로 제한하였기 때문에 노드의 수가 적은 이유로 전송 데이터 처리량의 차이가 크게 나타나진 않았지만 제안한 슈퍼프레임 구조를 갖는 MAC 프로토콜이 더 높은 전송 데이터 처리량을 가지는 것을 확인할 수 있다.

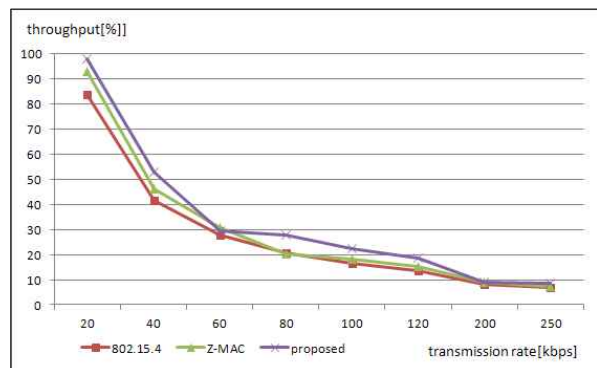


그림 10. 전송 데이터 처리량
Fig. 10. The transmission data processing quantities

5. 결 론

현재 WBAN MAC 프로토콜을 위한 연구로 IEEE 802.15.4 표준에서 사용되는 MAC 프로토콜을 활용하는 연구와 TDMA를 이용하여 WBAN 환경에 적합한 MAC 프로토콜을 제안하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 본 논문에서는 경쟁기반의 MAC 프로토콜인 IEEE 802.15.4와 스케줄 기반의 TDMA MAC 프로토콜을 WBAN 환경에 적용 하였을 때의 문제점을 분석하고 해결하기 위한 방안으로 스케줄링 기반의 경쟁 구간을 갖는 MAC 프로토콜을 위한 슈퍼프레임 구조를 제안하였다.

성능 평가를 위하여 Castalia를 활용하였으며 제안한 슈퍼프레임 구조를 갖는 MAC 프로토콜을 이용하였을 때의 패킷 전송 지연, 전송 에너지 소모량, 전송 데이터량 및 전송 데이터 처리량을 측정 비교하여 성능의 우수성을 확인하였다.

제안하는 슈퍼프레임 구조를 가지는 스케줄링 기반의 경쟁 구간을 갖는 MAC 프로토콜은 CSMA/CA MAC 프로토콜에 비해서 초기 동기화를 위한 에너지 소모율이 크며 링크가 빈번하게 변화되는 활동성이 가능한 환자의 경우 네트워크 재설정을 위한 시간 지연 및 오버헤드가 부가적으로 발생할 수 있다는 단점이 존재한다. 따라서 활동성이 적은 환자를 중심으로 사용해야 하며 노드의 수가 증가할 수록 전송 데이터 처리량에서 좋은 성능을 발휘할 수 있다.

References

[1] 장병준, 최선웅, "Wireless Body Area Network 기술 동향", 한국전자파학회 학술저널, 제19권, 3호, pp.35-46, 2008년.
 [2] S. Ullah, P. Khan, N. Ullah, S. Saleem, H. Higgins, K.S. Kwak "A Review of Wireless Body Area Networks for Medical Applications", Int'l J. of Communications, Network and System Sciences, 2(8), pp.797-803, Nov. 2009.
 [3] Injong Rhee, Ajit Warrier, Mahesh Aia, Jeongki Min, "ZMAC: a Hybrid MAC for Wireless Sensor Networks", Networking, IEEE/ACM Transactions on, 16(3), pp.511-524, Jun. 2008.

[4] 남홍순, 이형수, 김재영, "WBAN 응용서비스 동향", 전자통신동향분석, 제24권, 5호, pp.109-118, 10월, 2009년.
 [5] S. Ullah, P. Khan, N. Ullah, S. Saleem, H. Higgins, K.S. Kwak "A Study of MAC Protocols for WBANs", Int'l J. of Communications, Network and System Sciences, 10(1), pp.128-145, Dec. 2010.
 [6] Jing Li, Lazarou, G.Y., "A Bit-Map-Assisted Energy-Efficient MAC Scheme for Wireless Sensor Networks", IPSN '04 Proceedings of the 3rd international symposium on Information processing in sensor networks, pp.55-60, Apr. 2004.
 [7] Injong Rhee, Ajit Warrier, Mahesh Aia, Jeongki Min, "DRAND: Distributed Randomized TDMA Scheduling for Wireless Ad Hoc Networks", Mobile Computing, IEEE Transactions on, 8(10), pp.1384-1396, Oct. 2009.
 [8] 김은교, 손진호, "WBAN을 위한 MAC 프로토콜 기술 동향 및 과제", 한국통신학회, 제 25권, 2호, pp.26-31, 2월, 2008년.
 [9] Li, C.; Li, H.B.; Kohno, R. "Reservation-based dynamic TDMA protocol for medical body area networks", IEICE Transactions, 92(B), 387-395, 2009.
 [10] O. Omeni, A. Wong, A.J. Burdett, "Energy Efficient Medium Access Protocol for Wireless Medical Body Area Sensor Networks", IEEE Trans. Biomedical Circuits and Systems, 2(4), p.251-259, Dec. 2008.

◇ 저자소개 ◇



이재수 (李在洙)

1964년 5월 5일생. 1987년 광운대학교 전자공학과 졸업. 1989년 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 2001년 광운대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사). 1989~1994년 갑을전자 부설연구소 근무. 1994~1995년 한전KDN 근무. 1996년~현재 김포대학 IT학부 정보통신과 교수.



안정근 (安頂根)

1968년 10월 18일생. 1991년 경희대학교 전자공학과 졸업. 1993년 경희대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 2001년 경희대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사). 1998년~현재 김포대학교 멀티미디어과 부교수.



윤찬영 (尹贊永)

1972년 6월 11일생. 2001년 광운대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(석사). 2007년 광운대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(박사). 2005년~현재 계원디자인예술대학 디지털컨텐츠군, Creative-Ubiquitous Track 조교수.