

Medical Body Area Networks(MBAN)에서 CSMA/TDMA를 이용한 긴급 메시지 전송 프로토콜

Emergency Message Transmission Protocol using CSMA/TDMA in Medical Body Area Networks(MBANs)

김경준*

Kyung-Jun Kim*

요 약

최근, Medical Body Area Networks (MBAN)는 사람의 인체를 진단하기 위한 새로운 기술로서 주목받고 있다. MBAN은 소형, 저 전력, 단거리 무선통신 기술을 의료(medical)분야에 적용한 의료 네트워크이다. 본 논문은 MBAN에서 긴급 메시지 전송시 패킷 간 충돌과 IEEE 802.15.3이 가지는 전송대기 시간에 의해 발생하는 전송지연을 개선하기 위해 Carrier Sense Multiple Access/Time Division Multiple Access를 이용한 프로토콜을 제안하였다. 제안하는 프로토콜은 전력의 효율성 및 신뢰성을 개선하기 위해, IEEE 802.15.3의 MCTA를 MBAN에서 적용 가능한 SR-MCTA로 변형하여 전송의 신뢰성 및 전력 사용의 효율성을 높였다. 제안하는 프로토콜에서 SR-MCTA 슬롯은 단말 디바이스의 요청에 의해 MBAN 코디네이터가 할당하며, 할당하는 방법은 현재 슬롯에서 긴급 패킷이 발생할 때 임의의 충돌 패킷을 발생시켜 패킷을 획득하는 방법을 사용한다. 제안하는 프로토콜의 성능을 평가하기 위해 전송대기 시간을 평가할 수 있는 수식을 유도하고, 또한 이러한 결과를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션의 결과는 우리가 제안하는 프로토콜에서는 전송지연이 개선됨을 보였다.

Abstract

In the latest date, medical body area networks (MBANs) are emerging as a new technology for diagnosis the human body. MBANs in the health care fields are based on short-range and low-power (e.g. ubiquitous computing) among small-sized devices, and have been used by means of medical services. In this paper, we proposed an emergency message transmission protocol using carrier sense multiple access/time division multiple access in MBANs. This scheme focuses on dependability and power-efficiency. In order to increase the reliability of the transmission, this scheme modified a MCTA slot of IEEE 802.15.3 standard to a SR-MCTA slot. SR-MCTA slot is assigned by MBAN coordinator according to requesting terminal nodes. The method, having the priority of transmission, occurs a collision packet randomly. Results from this proposed solution reveal that reservation-based TDMA medical body area network(MBAN) protocol for transmitting emergency message was improved in terms of transmission delay.

Key words : medical body area network, emergency, message, TDMA, health care, IEEE 802.15.3

* 호남대학교 전파이동통신공학과(Department of Radio Mobile Communication Engineering, Honam University)

· 제1저자 (First Author) : 김경준

· 투고일자 : 2009년 3월 13일

· 심사(수정)일자 : 2009년 3월 16일 (수정일자 : 2009년 4월 20일)

· 게재일자 : 2009년 4월 30일

I. 서 론

의료용 Body Area Network (medical BAN)은 인체의 내외부에 부착되어 단거리 무선 통신을 위한 솔루션(solution)을 제공한다. 이러한 MBAN 네트워크는 소형의 센서(sensor)들로 구성되며 [1], 일반적으로 부착된 센서들은 센서네트워크에서 재충전(rechargeable)이 불가능한 것과 같이 제한된 에너지를 가지며, 단거리, 저 전력(low power)의 전송 능력을 가진다.

MBAN 네트워크의 응용 분야에 속하기 때문에 일반적인 센서네트워크가 가지는 단점 외에도 MBAN 네트워크가 가지는 고유한 특성 때문에 다음과 같은 단점이 있다 [2]. 첫째, 병원 환자의 편의를 제공하기 위해, 환자들에게 더욱 많은 이동의 자유를 제공하기 위해 환자 개인의 신체 특정 부위에 센서를 부착하여 특정 장소에 구애됨이 없이 이동 중 이거나 휴식 중에도 환자의 생체신호를 모니터링 하여야 한다 [3, 4]. 둘째, 센서네트워크에서는 단일 기능을 갖는 센서가 부착되는 것이 일반적이지만, MBAN에서는 위치 추적 기능 및 다양한 기능을 갖는 멀티 센서가 개별적으로 환자의 몸에 부착이 된다. 셋째, 센서네트워크에서는 특정 지역에 배치한 노드(node)에서 에너지가 고갈되었을 경우 추가로 특정 구역에 센서를 배치할 수 있는 방법이 있지만, MBAN 환경에서 의료용 센서 노드는 사람의 몸 내부에 이식이 되기 때문에 노드의 에너지가 과도하게 소비되거나 동작하지 않을 때 위험한 상황이 발생할 수 있다. 넷째, 실시간 응용 특성을 갖는 MBAN 환경에서 사용자는 특정 허용 시간 이내에서 일정 수준의 실시간성, 발생 이벤트에 대해 고정된 보고 주기를 가진다 [5]. 사람의 감정이나 신체 상태는 일반적인 센서 네트워크에서 물리적 상태와 다르게 기복(fluctuation)이 심하므로 긴급하게 이벤트가 발생할 수 있고, 이때 이벤트는 전송 지연에 민감한 특성을 갖게 된다.

본 논문에서는 MBAN에서 발생하는 QoS(quality of service) 요구 사항을 만족하면서 에너지 효율성 및 만족할 만한 전송의 신뢰성을 달성하기 위해 제안되었으며, 제안하는 프로토콜은 MBAN에서 CSMA/TDMA를 이용한 긴급 메시지 전송 프로토콜

을 제안하였다. MBAN 네트워크의 특성상 인체의 내외부에 부착된 센서에서 보내는 정보를 수집하는 별도의 싱크노드가 존재하게 되는 2 Level 네트워크 토폴로지(topology) 형태를 가지게 된다. 그러므로 센서에서 싱크까지의 Level-1은 경쟁방식의 CSMA/CA 프로토콜을 사용한다. 이 경우 긴급 패킷이 발생할 경우 임의의 충돌 패킷을 발생시켜 전송권을 획득하여 요구하는 시간 내에 적절한 메시지를 전송 할 수 있게 된다.

긴급한 응용의 요구사항을 충족시키기 위해 Level-2의 통신 프로토콜인 B2B(body-to-body) 프로토콜은 환자의 모니터링 포인트(monitoring point)에서 긴급 이벤트가 발생했을 때 싱크(sink)까지의 종단 간(end-to-sink) 신뢰성 있는 데이터 전송을 하기 위해 IEEE 802.15.3 [6] 단거리 전송 프로토콜을 이용한다. Level-2 프로토콜은 전송의 신뢰성 보장과 전송 중 데이터 충돌을 방지하기 위해 TDMA 방식을 사용한다. 우리가 제안하는 프로토콜에서는 멀티홉(multi-hop)의 전송을 위해 B2B의 포워딩 개념을 사용하고 [7], 센싱 포인트(sensing point)내에서는 긴급 이벤트의 전송을 위해 제어패킷을 임계상황이 발생할 때 고의적으로 발생시켜, 일반적인 전송을 중단시키고 해당 데이터의 우선 전송을 보장한다 [8]. 그러므로 우리가 제안 스킴(scheme)은 지역적인 관점에서 네트워크의 성능이 감소하지만, 네트워크 전역적인 관점에서는 종단 간 QoS(quality of service)를 보장할 수 있다.

본 논문의 2장에서는 의료용 인체 네트워크와 관련된 관련 연구 내용을 소개하고, 3장에서는 우리가 제안하는 CSMA/TDMA를 이용한 긴급전송 메시지 프로토콜과 관련된 내용을 기술하고, 4장에서는 본 논문에서 제안하는 프로토콜의 효율성을 검증하기 위해 수치적인 분석과 시뮬레이션의 내용을 기술한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 의료용 인체 네트워크

일반적으로 WBAN은 표준 센서 소프트웨어 플랫폼을 채택하고 있으며, 하드웨어는 응용에 따라 다른

형태를 구성하고 있다 [9].

보행하는 환자의 경우 여러 개의 가속계 (accelerometers), 단일채널 바이오 앰플리파이어 (one-channel bio-amplifier), 심장의 활동을 모니터하기 위한 심장센서(heart sensor)등을 부착하여 사용할 수 있다 [10]. 이러한 의료 시스템은 많은 의료 상태를 모니터하기 위해 중요한 요소로서 누적된 에너지 소비(cumulative energy expenditure), 신진대사율 (metabolic rate)등을 모니터링 한다.

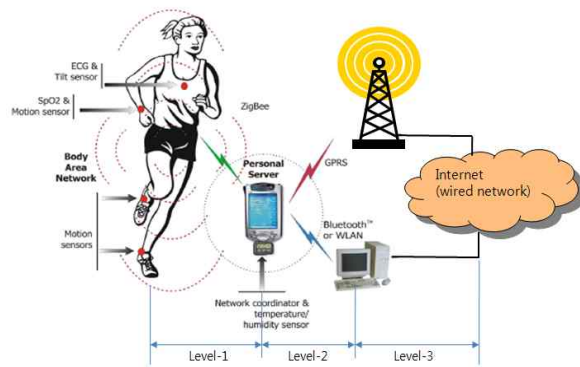


그림 1. Medical body area networks(MBANs)의 네트워크 구조

Fig. 1. Network architecture of medical body area networks(MBANs).

그림 1은 다층 시스템(multi-tier system) 구조를 갖는 의료정보체계(medical information system)의 네트워크 구조를 나타낸 것이다 [11]. 그림 1에서 MBAN 네트워크는 3 Level로 구성된다. 최하위 계층은 환자의 몸에 부착되어 각종 이벤트를 발생시키는 생리적 현상을 감지하는 센서로 Level-1 이며, 두 번째 계층은 PDA, 무선 단말기, 홈컴퓨터 등으로 구성될 수 있는 개인서버(personal server)로 Level-2 이며, 세 번째 계층은 원격의 헬스케어(health care) 서버 및 관련된 서비스로 Level-3 이다. 예를 들어 간호, 물리치료, 클리닉, 긴급정보, 날씨 등을 예보하는 유선 네트워크 시스템으로 구성 된다 [11]. 그림 1의 인터넷 이상의 부분은 날씨정보, 긴급 상태 발생, 환자간호(care-giver) 등의 유선망을 통하여 개별 서버(personal server)에 연결되고, 이를 통하여 환자 개개인이 부착하고 있는 소형(miniature)의 각종 센서로 연결이 되어 의료 데이터베이스(medical database), 센서와 환경 정보 등을

기반으로 환자에게 맞는 특정 이벤트들을 발생시킬 수 있다 [12].

III. 긴급메세지 전송 프로토콜

그림 1에서 계층 구조 중 3계층과 관련된 표준 프로토콜로 인터넷과 관련된 프로토콜이다. 본 논문에서는 Level-1과 Level-2의 성능 개선에 초점을 맞추었다.

제안하는 프로토콜은 두 가지 단계로 구성되며 센서계층(sensor level)과 서버계층(personal server level)로 나누어 동작한다. 본 논문에서는 무선망의 형태인 Level-1과 Level-2를 대상으로 한다. 센서계층(Level-1)에서 동작하는 센서의 요구 사항은 과도한 에너지를 소비하지 않으면서 특정한 이벤트에 대해 즉각적인 반응을 보여야 한다. 다음으로 서버계층(Level-2)은 일반적인 WPAN(wireless personal area networks)의 역할을 수행 한다 [13]. 그러나, 서버계층에서의 동작은 일반적인 센서네트워크와 다르다. 예를 들어, 환자의 혈압이 임계값 이상 올라갈 경우 이 이벤트는 즉각적으로 3계층 까지 도달하여야 하고 적절한 의료 조치를 취해야 한다. 그러므로 기존의 WPAN 기반 센서네트워크에서 전송 지연 및 실패에 대해 상당한 제약 사항이 되며 이러한 사실로 볼 때 기존의 시스템을 WBAN에 그대로 적용하기에는 큰 문제점이 될 수 있다.

3-1 Level-1 프로토콜

레벨-1 프로토콜의 동작 상태를 설명하기 위해 그림 2를 사용하여 설명한다. 그림 2는 데이터 전송 중 임의의 충돌 패킷을 발생시킨 상황을 설명한다.

노드B에서 긴급 이벤트가 발생한 경우를 가정하면, 현재 센서의 이벤트가 발생하고, 발생한 이벤트를 전송(forwarding)할 노드가 전송중인 경우 일반적인 이웃 노드는 전송중인 노드의 데이터 및 전송 스케줄링(scheduling)을 알고 있다. 이점을 이용하여 임의의 충돌 패킷을 발생 시켜 현재 전송 중인 프레임 을 중단시키고 가장 우선순위의 CW(contention

window)값을 할당 받아 전송한다. 그림 3에서는 RTS/CTS (receive-to-send/clear-to-send) 제어 패킷의 전송 중 임의의 충돌 패킷을 발생시킨 상황을 설명한다. 노드 C에서 긴급 이벤트가 발생한 경우 인접 노드가 RTS/CTS를 전송중인 경우 노드 C는 충돌 패킷을 전송한다.

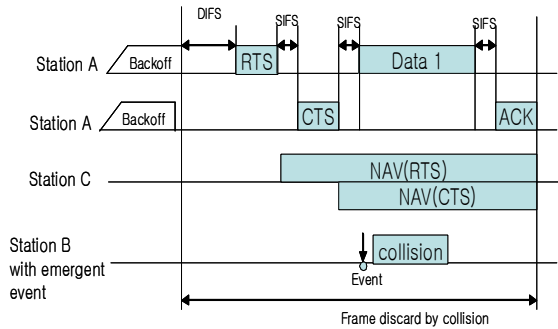


그림 2. 전송 중 고의적인 충돌패킷 발생.

Fig. 2. When neighbor nodes are transmitting, a node having to be transmit a packet occur Intentional-collision packet.

이때 노드 A는 RTS를 불완전하게 전송하게 되므로 다시 백오프(backoff) 값을 할당 받게 되고, CW값이 2배 증가, 일반적인 노드처럼 다시 백오프(bakoff) 값을 감소시키는 과정을 반복한다. 또한, 목적지 노드 B도 CTS 값을 전송할 수 없게 된다. 이 때 노드 C는 바로 SIFS(shortest interframe space) 시간 뒤에 RTS를 전송하고 노드 C의 인접 노드의 목적지 노드(C혹은 D)는 CTS를 전송하여 응답 주위의 노드를 대기(freeze) 상태로 만들어 전송 권한을 확보하게 된다.

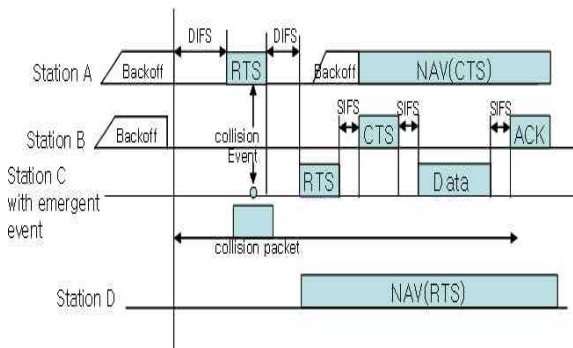


그림 3. RTS/CTS 전송 중 충돌패킷 발생

Fig. 3. When neighbor nodes are transmitting control packet (RTS/CTS), a node having to be transmit a packet occur Intentional-collision packet.

이러한 과정을 반복함으로써 제어 패킷을 전송하기 위해 발생하는 지연이 없어지고, 또한 종단 간(end-to-end)에 충돌에 의해서 발생하는 재전송 및 경쟁 실패에서 발생하는 전송지연 없이 싱크(sink) 까지 종단 간 전송을 보장 받게 된다.

3-2 Level-2 프로토콜

MBAN의 정보수집 및 전송의 게이트웨이(gateway) 역할을 수행하는 개인 서버(personal server)의 B2B 통신을 위해 제안하는 슈퍼 프레임(super frame) 구조는 그림 4와 같다.

그림 4에서 슈퍼 프레임은 Active 구간과 Inactive 구간으로 나누어져 있다. Active구간과 Inactive구간의 기능은 IEEE 802.15.3과 동일하며, Active구간은 다시 CAP(Contention Access Period)와 CFP(contention free period)로 나누어진다. CFP는 S/RMCT 1, MCTA 2, CTAP(channel tome allocation period), (1, 2,..., n), 구간으로 나누어진다. CAP에서는 Slotted CSMA/CA 방식을 이용해서 작은 크기의 데이터, 네트워크 제어, CTA 의 요구를 수행한다. 본 논문에서 제안하는 슈퍼 프레임 구조에서 MCTA는 디바이스의 피코넷(piconet) 등록이나 네트워크 유지 및 CTA 요구 등과 같은 명령을 수행하고, 긴급 정보의 원활한 전송을 위해 기존의 MCTA의 기능을 보완하여 SR-MCTA(send/receive-MCTA)의 기능을 수행한다.

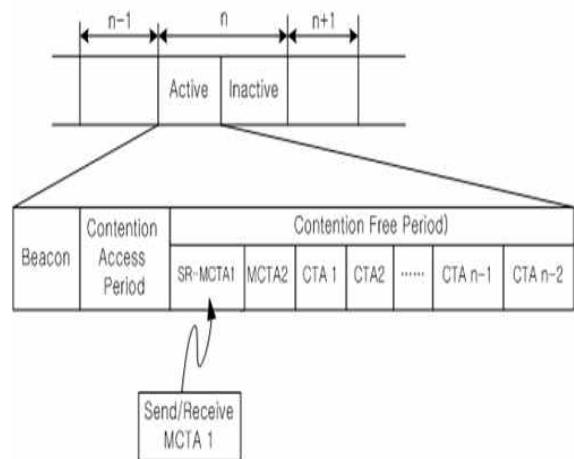


그림 4. 제안하는 슈퍼 프레임 구조

Fig. 4. The architecture of proposed super frame.

SR-MCTA 구간은 데이터를 직접 주고받을 수 있고, 이 구간에서 두 가지 모드를 취할 수 있게 된다. 먼저 정상 상태의 센서가 일반 이벤트를 송/수신 할 경우 수신(receive) 모드를 취하게 되고 긴급 메시지가 발생한 경우 송신 모드를 취할 수 있게 된다. 또한, 긴급 메시지를 수신한 경우 수신 데이터를 전달하기 위해 송신(send)상태를 유지한다. 긴급 메시지는 인접한 싱크들 간에 멀티 홉(multi-hop) 방식으로 전달되어 액세스 포인트에게 전달하거나, 인접한 싱크가 없을 경우 최초 수신한 이웃 싱크 트랜시버의 전과 반경 내로 진입할 경우 자신이 저장하고 있던 정보를 전달하게 된다. SR-MCTA 구간에서 모바일 단말이 전송하는 프레임은 자신의 정보, 위치, 병명에 대한 정보를 전송한다.

IV. 성능분석 및 시뮬레이션

본 장에서 Level-1 프로토콜의 성능 분석은 향후 과제로 하고 여기에서는 우선 Level-2 프로토콜에 대한 성능분석을 시도한다. 본 논문에서 제안된 프로토콜의 성능을 분석하기 위해 그림 5와 같은 네트워크 구성을 가정하였다. 그림 5에서 노드 i는 게이트웨이 역할을 하며, 병원 등의 외부로 데이터를 전송하는 역할을 담당한다. 노드 a에서 노드 g까지의 노드와 통신을 통해 데이터를 송수신 하며, 또한 센서로서 인체에 부탁되어 사람의 몸에서 일어나는 변화를 감지하여 노드 i에게 전송한다.

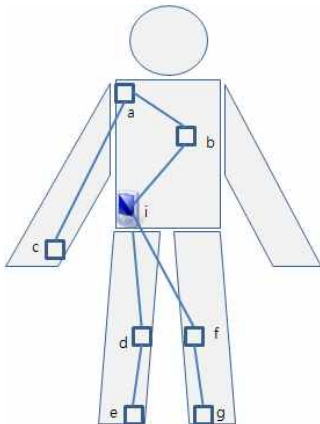


그림 5. 신체에서 네트워크 구성
Fig. 3. Network on the body

시뮬레이션을 위해 C언어 코드를 사용하며, 시뮬레이션에서 사용한 파라미터를 표 1에 나타내었다. 제안하는 슈퍼프레임 구조는 그림 4와 같이 3가지 형태로 나누어 볼 수 있다. Beacon, Active 구간, Inactive 구간으로 나누어 볼 수 있다. 다시, Active 구간은 Active-1구간과 Active-2 구간으로 나뉘어진다. 각 구간에서 구한 확률을 기반으로 Inactive 구간에서 발생했을 때의 전송지연 시간은 다음과 같다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터.
Table 1. Simulation parameters.

기호 (symbol)	의미(meaning)	값 (value)
T_{slot}	슬롯시간	$(20symbols * r)/R$ sec
T_h	전송시간	$(15*8)/R$ sec
T_p	페이로드 전송시간	$(118*8)/R$ sec
T_{prop}	ack 종료시간	1 μ sec
T_{ack_out}	ack 전송시간	$(12 symbols * r)/R$ sec
T_{ack}	SIFS 지속시간	$(11*8)/R$ sec
T_{LIFS}	LIFS 지속시간	$(40 symbols * r)/R$ sec
R	전송속도	20, 40, 250(Kbits)
r	심볼당 비트수	20, 40, 250 (bits/symbol)
T_{rts}	RTS의 전송시간	$(12 symbols * r)/R$ sec
T_{cts}	CTS의 전송시간	$(12 symbols * r)/R$ sec

$$D_{Inactive} = P_I(T_B + \frac{1}{2}T_I + T_{A2} + T_{RT}) \tag{1}$$

또한, 단거리 무선 프로토콜의 특성상 현재의 슬롯에서 전송 권한 요청은 다음 프레임에서 전송이 가능하므로 Active 구간에서 발생한 확률은 Active-1과 Active-2로 동시에 구해 질 수 있다.

$$D_{Active1} = P_{A1}(T_B + \frac{1}{2}T_{A1} + T_I + T_{A2} + T_{RT})$$

$$D_{Active2} = P_{A2}(T_B + \frac{1}{2}T_{A2} + T_{RT}) \tag{2}$$

그림 6은 입력 로드 에 대한 전송 지연율을 나타낸 것으로, IEEE 802.15.3과 본 논문에서 제안한 프로토콜의 전송 지연율을 비교한 것이다. 그림 6에서 보는 것과 같이 제안하는 프로토콜의 전송지연이 개선됨을 볼 수 있으며, 기존 프로토콜에서는 현재 슬롯 시간에서 패킷이 발생 한 경우 이 패킷을 전송하기 위해 다음 프레임이 시작되기 까지 기다리지만, 제안하는 프로토콜에서는 이러한 전송 중에 발생하는 대기

시간이 줄어들기 때문에 트래픽 로드(traffic load)가 증가 하더라도 불구하고 그래프의 곡선이 완만하게 증가하게 된다.

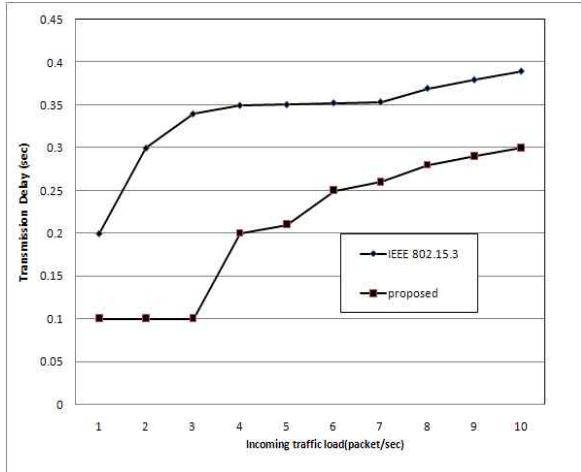


그림 6. 입력 로드(traffic load)에 대한 전송 지연(Transmission delay)을
Fig. 6. Transmission delay vs. incoming traffic load.

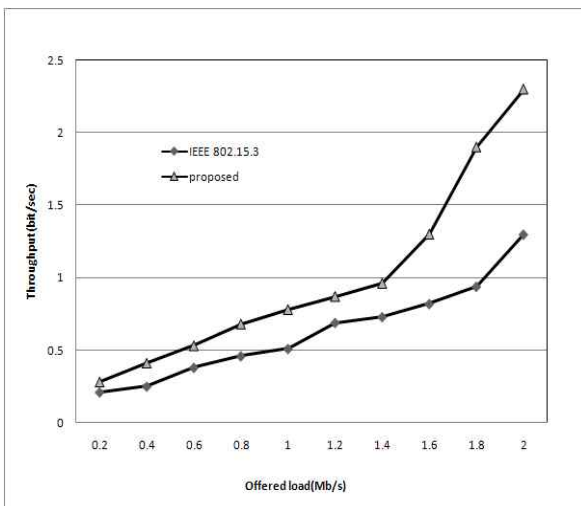


그림 7. 입력 로드(traffic load)에 대한 네트워크 성능(Network throughput)을
Fig. 7. Network throughput vs. incoming traffic load.

그림 7은 입력 로드(traffic load)가 초당 2000k/byte가 입력 될 경우 초당 처리하는 비트율(bit rate)에 대한 처리율을 나타낸 것이다. 그림 7에서 처리율은 초당 처리할 수 있는 메가바이트(M Byte)를 나타낸다. 그림 7에서 본 논문에서 제안한 프로토콜이 기존의 IEEE 802.15.3의 프로토콜에 비해 처리율이 개선됨을 알 수 있다. 이것은 IEEE 802.15.3에서 제안하는 프로토콜은 MCTA 슬롯은 코디네이터에서 일반 노드로 제어 전송에 쓰기 위해 제한하는데 반해, 본 논문에서 제안하는 프

로토콜은 MBAN 네트워크의 특성상 긴급한 프레임이 빈번하게 발생하기 때문에 기존의 MCTA가 제어 프레임을 전송하는 기능을 수정하여 긴급한 프레임이 발생했을 때 전송할 수 있도록 SR-MCTA 슬롯을 제어하여 긴급한 프레임 때문에 다른 프레임의 일반적인 전송을 방해하지 않도록 성능을 개선 시켰다.

V. 결론 및 향후과제

본 논문은 MBANs에서 긴급 메시지 발생시 CSMA/TDMA를 기반으로 의료용 MBAN에서 사용 가능한 네트워크 프로토콜을 제안하였다. 긴급 프로토콜 발생 시 신뢰성의 향상과 전력의 소모를 감소시키기 위하여, 제안하는 프로토콜은 프레임에서 패킷 간 충돌을 방지하기 위해 예약기반 슬롯 할당 정책을 사용하였다. 제안하는 프로토콜은 전송 프레임 위크는 크게 3부분으로 나누어지며, 이러한 프레임 위크 특성을 기반으로 에너지 효율성 및 긴급 상황 발생 시 전송지연 없이 전송 품질을 보장하기 위해 센서 계층에서 동작하는 Level-1 프로토콜과 서버 계층에서 동작하는 Level-2 프로토콜을 제안하였다. Level-1 프로토콜은 고의적인 충돌을 발생시켜 통하여 긴급 메시지를 전송지연 없이 전송하였고, Level 2 프로토콜은 B2B간 전달을 위해 최소의 에너지 소모를 통하여 전송하는 방법을 취하였다.

향후 연구에서는 제안 프로토콜의 Level-1과 Level-2 시스템 전체에 적용 가능한 에너지 모델 및 전송 지연에 대한 성능 분석과 시뮬레이션을 통한 정량적 평가를 수행 하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] H.F. Rashvand, V.T. Salcedo, E.M. Sanchez, and D. LLiescu, "Ubiquitous wireless telemedicine," *IET Communication*, vol. 2, no. 2, pp. 237-254, Feb. 2008.

[2] A.G. Ruzzelli, R. Jurdak, G. O'Hare, and P. Stok, "Energy-Efficient Multi-hop Medical Sensor

- Networking," *Proc. of the 1st ACM SIGMOBILE Healthnet 2007*, pp. 37-42, 2007.
- [3] E. Monton, J.F. Hernandez, J.M. Blasco, T. Herve, J. Micallef, I. Grech, A. Brincat, and V. Traver, "Body area network for wireless patient monitoring," *IET Communication*, vol. 2, no. 2, pp. 215-222, Feb. 2008.
- [4] V. Chan, P. Ray, and N. Parameswaran, "Mobile e-Health monitoring: an agent-based approach," *IET Communication*, vol. 2, no. 2, pp. 223-230, Feb. 2008.
- [5] Y. Sankarasubramaniam, O.B. Akan, and I.F. Akyildiz, "ESRT: Event-to-Sink Reliable Transport in Event-to-Sink Reliable Transport in Wireless Sensor Networks", *Proc. of MobiHoc '03, Annapolis, Maryland*, June 2003.
- [6] IEEE 802.15.3 Working Group, "Part 15.3: Wireless medium access control (MAC) and Physical layer (PHY) specifications for high rate wireless personal area networks (WPAN)." *IEEE Draft Standard, Draft P802.15.3/D16*, Feb. 2003.
- [7] X. Yang, J. Liu, and N.H. Vadya, "A Vehicle-to-vehicle Communication Protocol for Cooperative Collision Warning," *Proc. Int. Conf. Mobile and Ubiquitous Systems, MobiQuitous 2004*, pp.1-14, Aug. 2004.
- [8] T. Chen, J. Tsai, and M. Gerla, "QoS Routing Performance in Multihop Multimedia Wireless Networks," *Proc. IEEE 6th International Conference of Universal Personal Communication*, vol. 2, pp.557-561, 1997.
- [9] L.F. Akyidiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," *IEEE Communication Magazine*, vol. 40, no. 8, pp. 102-114, August 2002.
- [10] T. Martin, E. Jovanov, and D. Raskovic, "Issues in Wearable Computing for Medical Monitoring Applications: A Case Study of a Wearable ECG Monitoring Device," *Proc. of the International Symposium on Wearable Computers (ISWC 2000)*, Atlnata, pp. 43-50, 2000.
- [11] E. Jovanov, A. Milenkovic, C. Otto, and P.C. Groen, "A wireless body area network of intelligent motion sensor for computer assisted physical rehabilitation," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 2, no. 6, pp. 1-10, Mar. 2005.
- [12] C.Otto, A. Milenkovic, C. Sanderes, E. Jovanov, "System Architecture of A Wireless Body Area Sensor Network for Ubiquitous Health Monitoring," *Journal of Mobile Multimedia*, vol. 1, no. 4, pp. 307-326, 2006.
- [13] N.F. Timmons, W.G. Scanlon, "Analysis of the Performacnce of IEEE 802.15.4 for Medical Sensor Body Area Networking," *Proc. of IEEE Sensor and Ad Hoc Communications and Networks (SECON 2004)*, pp. 16-24, Oct. 2004.

김 경 준 (金京浚)



1996년 2월 : 경일대학교 컴퓨터공학과 (공학사)

1999년 8월 : 경북대학교 컴퓨터공학 전공 (공학석사)

2005년 2월 : 경북대학교 정보통신학과 (공학박사)

2005 3월 : 경북대학교 컴퓨터공학과 PostDoc. 연구원

2005년 9월 ~ 2006년 8월 : 대구대학교 정보통신공학부 초빙교수

2006년 9월 ~ 현재 : 호남대학교 전파이동통신공학과 전임강사

관심분야 : 임베디드 센서네트워크, 지능형전송시스템 (ITS), 정보보호