

# Medical Body Area Network에서 긴급전송을 위한 예약기반 TDMA 프로토콜

김경준, 김철원\*

호남대학교 전파이동통신공학과

\*호남대학교 컴퓨터공학과

e-mail:{kjkim,cwkim\*}@honam.ac.kr

## Reservation-Based TDMA Protocol for Emergency Transmission in Medical Body Area Network Protocol

Kyung-Jun Kim, Chul-Won Kim\*

Dept. of Radio Mobile Communication Engineering, Honam University

\*Dept. of Computer Engineering, Honam University

### 요 약

센서 네트워크의 저전력 단거리 무선통신의 특징을 의료분야에 적용한 의료용 네트워크(Medical Body Area Networks)는 사람의 인체를 진단하기 위한 소형 의료 디바이스들간의 연결성을 제공하기 위해 최근 주목받고 있는 기술이다. 본 논문에서 제안하는 프로토콜은 MBAN에서 전력의 효율성 및 신뢰성에 초점을 맞추어 제안 하였다. IEEE 802.15.3의 MCTA를 MBAN에서 적용 가능한 SR-MCTA로 변형하여 전송의 신뢰성 및 전력 사용의 효율성을 고려한 프로토콜을 제안한다. 제안하는 프로토콜에서 SR-MCTA 슬롯은 단말 디바이스의 요청에 의해 MBAN 코디네이터가 할당하며, 할당하는 방법은 현재 슬롯에서 긴급 패킷이 발생할 때 임의의 충돌 패킷을 발생시켜서 패킷을 획득하는 방법을 사용한다. 이를 위해 WBAN 네트워크내의 특정 노드를 클러스터의 헤드로 설정한다. 제안하는 프로토콜의 효율성 분석을 통하여 제안하는 방법이 전송의 지연 개선 및 에너지 효율적임을 보였다.

### 1. 서론

의료용 Body Area Network (medical BAN)은 인체의 내외부에 부착되어 단거리 무선 통신을 위한 솔루션 (solution)을 제공한다. MBAN은 인체의 내 외부에 부착한 소형의 센서들로 구성된다. 일반적으로 이러한 센서들은 센서네트워크와 같이 에너지가 제한되며, 또한 무선통신의 능력을 지닌다.

MBAN네트워크는 일반적인 센서네트워크가 가지는 여러 가지 단점 외에도 센서네트워크 응용기술이 MBAN영역에 도입되었을 때 제한사항은 다음과 같다[6]. 첫째, 병원 환자의 편의성을 제공하기 위해, 환자들에게 더욱 많은 이동의 자유를 제공하기 위해 환자 개인의 신체 특정 부위에 센서를 부착하여 특정 장소에 구애됨이 없이 이동 중이거나 휴식 중에도 환자의 생체신호를 모니터링 하여야 한다. 둘째, 센서네트워크에서는 단일 기능을 갖는 센서가 부착되는 것이 일반적이지만, MBAN에서는 위치추적 기능 및 다양한 기능을 갖는 멀티 센서가 개별적으로 환자의 몸에 부착이 된다. 셋째, 센서네트워크에서는 에너지 소모시 재배치나 추가로 특정 구역에 센서를 배치할 수 있지만, MBAN환경에서 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 MBAN환경에서 사용자는 특정 허용 시간 이내에서 일정 수준의 실시간성, 발생

이벤트에 대해 고정된 보고 주기를 기대하며, 사람의 감정이나 신체 상태는 일반적인 센서네트워크에서 물리적 상태와 다르게 기복(fluctuation)이 심하므로 긴급하게 이벤트가 발생할 수 있고, 이때 이벤트는 전송 지연에 민감한 특성을 갖게 된다 [5].

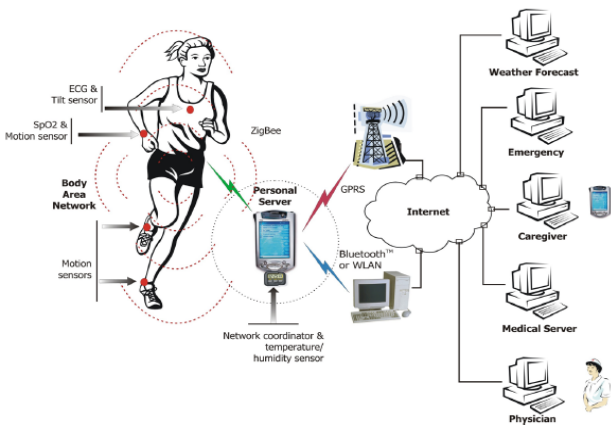
본 논문에서는 MBAN에서 발생하는 QoS(quality of service) 요구사항을 만족하면서 에너지 효율적인 리얼타임(real time) 이벤트(event) 전송을 위한 프로토콜을 제안한다. 요구사항을 충족시키기 위해 B2B(body-to-body) 프로토콜은 환자의 모니터링 포인트(monitored point)에서 긴급 이벤트가 발생했을 때 중단간 신뢰성 있는 데이터 전송을 하기 위해 IEEE 802.15.3 단거리 전송 프로토콜을 이용하며, 멀티홉의 전송을 위해 B2B의 포워딩 개념을 사용하고 [7], 센싱 포인트(sensing point)내에서는 긴급 이벤트의 전송을 위해 제어패킷을 임계상황이 발생할 때 고의적으로 발생시켜, 일반적인 전송을 중단시키고 해당 데이터의 우선 전송을 보장한다. 결과로써, 우리가 제안 스킴(scheme)은 지역적인 개념에서 네트워크의 성능이 감소하지만 네트워크 전역적인 관점에서 중단간 QoS를 보장할 수 있다.

본 논문에서는 긴급 트래픽의 전송 효율성 및 신뢰성 향상을 위한 MBAN 응용에 적용 가능한 혼잡 관리 정책을 제안한다. 이는 기존의 관련 연구와는 달리 소스 노드 혹은 중간 노드에서의 전송률 제한 혹은 지연 등의 기법

을 배제하고, 중간 노드에서 하나의 패킷에 다수의 데이터를 포함시키는 방식을 통해 네트워크의 혼잡 상태를 완화시킨다. 이를 위해 생성 후 경과 시간을 기준으로 각 데이터의 실시간성을 평가하여 실시간 데이터와 비실시간 데이터로 분류한 후, 이들을 병합하여 다수의 실시간 데이터를 포함한 새로운 패킷을 생성하거나, 전송 패킷의 여유 공간에 비실시간 데이터를 첨부하는 방식을 사용한다.

## 2. 의료용 인체 네트워크

일반적으로 WBAN은 표준 센서 소프트웨어 플랫폼을 채택하고 있으며, 하드웨어는 응용에 따라 다른 형태를 구성하고 있다. 보행하는 환자의 경우 여러 개의 가속계 (accelerometers), 단일채널 바이오 앰플리파이어 (one-channel bio-amplifier), 심장의 활동을 모니터링하기 위한 심장센서(heart sensor)등을 부착하여 사용할 수 있다. 이러한 의료 시스템은 많은 의료 상태를 모니터링하기 위해 중요한 요소로서 누적된 양으로서의 에너지소비 (cumulative energy expenditure), 신진대사율(metabolic rate)등을 모니터링 한다.



(그림 1) WBAN의 전송 프레임워크

그림. 1은 다층구조 시스템(multi-tier system)를 갖는 의료정보체계의 프레임워크를 나타낸 것이다. 그림. 2는 3부분으로 구성이 되어 있다. 최하위 레벨은 환자의 몸에 부착되어 각종 이벤트를 발생시키는 생리적 현상을 감지하는 센서이며, 두 번째 레벨은 PDA, 셀폰, 홈 컴퓨터등으로 구성될 수 있는 개인서버(personal server)이며, 세 번째 레벨은 원격의 헬스케어 서버 및 관련된 서비스, 예를 들어 간호, 물리치료, 클리닉, 긴급정보, 날씨등을 예보하는 네트워크 시스템으로 구성된다. 그림. 1의 오른쪽 날씨정보, 긴급 상태 발생, 환자간호(care-giver)등의 시스템 기능은 인터넷을 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 정보등을 기반으로 환

자에게 맞는 특정 이벤트들을 발생시킬 수 있다.

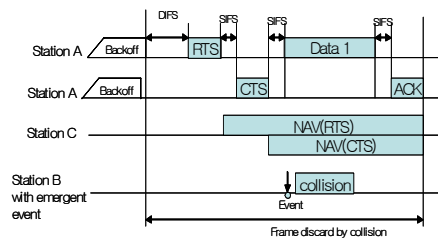
## 3. 제안 프로토콜

제안하는 프로토콜은 두 가지 단계로 구성되며 센서 레벨(sensor level)과 서버 레벨(personal server level) 나누어 동작한다. 센서 레벨에서 동작하는 센서의 요구 사항은 과도한 에너지를 소비하지 않으면서 특정한 이벤트에 대해 즉각적인 반응을 보여야 한다. 다음으로 서버 레벨은 일반적인 WPAN(wireless personal area networks)의 역할을 수행한다. 그러나. 서버 레벨에서의 동작은 일반적인 센서네트워크와 다르다. 예를 들어, 환자의 혈압이 임계값 이상 올라갈 경우 이 이벤트는 즉각적으로 레벨 3계층 까지 도달하여야 하고 적절한 의료 조치를 취해야 한다. 그러므로 기존의 WPAN을 기반으로 하는 센서네트워크에서 전송 지연 및 실패에 대해 상당한 제약 사항이 되며 이러한 사실로 볼 때 기존의 시스템을 WBAN에 그대로 적용하기에는 큰 문제점이 될 수 있다.

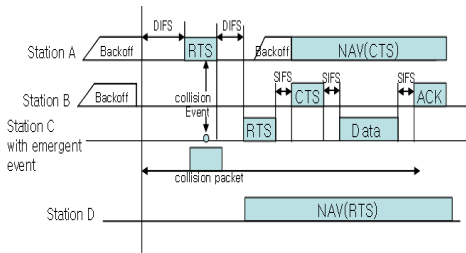
### 3.1 Level-1 프로토콜

그림. 2에서 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 전송중일 경우 일반적인 이웃 노드는 전송중인 노드의 데이터 및 전송 스케줄링(scheduling)을 알고 있다. 이점을 이용하여 임의의 충돌 패킷을 발생 시켜 현재 전송 중인 프레임을 중단시키고 가장 우선 순위의 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 전송하고, 이때 노드 A는 RTS를 불완전하게 전송하게 되므로 다시 백오프(backoff) 값을 할당 받게 되고, CW값이 2배 증가, 일반적인 노드처럼 다시 bakoff 값을 감소시키는 과정을 반복한다. 목적지 노드 B도 CTS 값을 전송할 수 없게 된다.



(그림. 2) 데이터 전송 중 임의의 충돌 패킷 발생

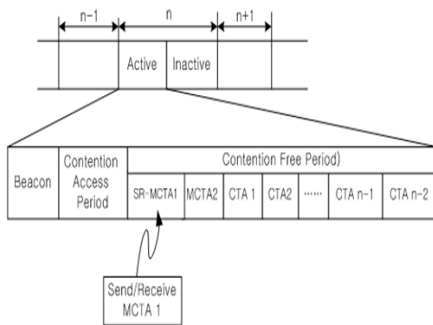


(그림. 3) RTS/CTS 전송 중 입이의 충돌 패킷 발생

이때 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 전송권한을 확보하게 된다. 이러한 과정을 반복함으로써 제어 패킷을 전송하기 위해 발생하는 지연이 없어지고, 또한 중단간에 충돌에 의해서 발생하는 재전송 및 경쟁 실패에서 발생하는 전송지연 없이 sink까지 중단간 전송을 보장 받게 된다.

3.2 Level-2 프로토콜

WBAN의 정보수집 및 전송의 게이트 웨이 역할을 수행하는 개인 서버 B2B 통신을 위해 제안하는 슈퍼 프레임 구조는 그림. 4과 같다.



(그림. 4) 제안 슈퍼 프레임 구조

그림. 4에서 슈퍼프레임은 Active구간과 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 제안 슈퍼프레임 구조에서 MCTA는 디바이스의 피코넷 등록이나 네트워크 유지 및 CTA 요구등과 같은 명령을 수행하고, 긴급 정보의 원활한 전송을 위해 기존의 MCTA의 기능을 보완하여 SR-MCTA(send/receive-MCTA)의 기능을 수행한다. SR-MCTA 구간은 데이터를 직접 주고받을 수 있고, 이 구간에서 두 가지 모드를 취할 수 있게 된다. 먼저 정상 상태의 차량인 경우 Receive 모드를 취하게 되고 비정상

(고장상태)인 경우 Send 모드를 취할 수 있게 된다. 또한, 고장 차량의 데이터를 수신한 차량은 수신 데이터를 전달하기 위해 Send상태를 유지한다. 긴급 이벤트는 인접한 진행방향의 차량들에게 멀티홉 방식으로 전달되어 액세스 포인트에게 전달하거나, 인접한 차량이 없을 경우 최초 수신한 차량이 액세스 포인트의 전파 반경내로 진입할 경우 자신이 저장하고 있던 정보를 전달하게 된다. SR-MCTA 구간에서 고장 차량은 자신의 정보, 위치, 차량의 고장 혹은 이상부분에 대한 정보를 전송한다.

4. 성능 분석

본 절에서 Level 1의 프로토콜의 성능 분석은 향후 과제로 하고 여기에서는 우선 Level 2의 프로토콜에 대한 성능분석을 시도한다.

제한하는 슈퍼프레임 구조는 3가지 형태로 나누어 볼 수 있다. Active 구간과 Inactive구간으로 나누어 볼 수 있다. 다시, Active 구간은 Active 1구간과 Active 2 구간으로 나누어 볼 수 있다.

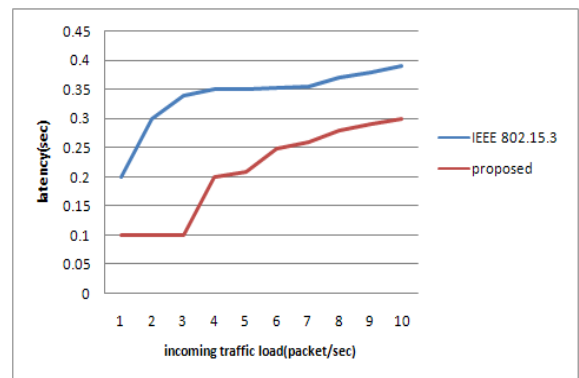
각 구간에서 구한 확률을 기반으로 Inactive 구간에서 발생했을 때의 전송지연 시간은 다음과 같다.

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

또한, 단거리 무선 프로토콜의 특성상 현재의 요청은 다음 프레임에서 전송이 가능하므로 Active구간에서 발생한 확률은 Active1과 Active2로 동시에 구해 질 수 있다.

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

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



(그림. 5) 입력 로드 에 대한 전송지연율

다음의 그림 5는 IEEE 802.15.3과 우리의 프로토콜의 전송지연율을 비교한 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 우리가 제안하는 프로토콜의 전송지연이 개선됨을 볼 수 있으며, 이러한 이유는 패킷 발생시 기존 프로토콜에서는 현재 슬롯에서 패킷이 발생 한 경우 다음 패킷이 시작되기 까지 기다리지만, 우리가 제안하는 프로토콜에서는 이러한 전송시 대기 하는 시간이 줄어들기 때문에 개선된 성능을 보인다.

#### 4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 TDMA를 기반으로 의료용 MBAN에서 사용할 가능한 네트워크 프로토콜을 제안하였다. 긴급 프로토콜 발생 시 신뢰성을 향상과 전력의 소모를 감소하기 위하여, 제안하는 프로토콜은 프레임에서 패킷간 충돌을 방지하기 위해 예약에 기반된 슬롯 할당 정책을 사용하였다. 우리가 제안하는 프로토콜은 전송 프레임 위크는 크게 3부분으로 나누어지며, 이러한 프레임위크 특성을 기반으로 에너지 효율성 및 긴급 상황 발생시 전송의 딜레이 없이 전송의 품질을 보장하기 위해 센서 Level에서 동작하는 Level 1 프로토콜과 서버레벨에서 동작하는 Level 2 프로토콜을 제안하였다. Level 1 프로토콜은 고의적인 충돌을 발생시켜 통하여 긴급 메시지를 전송 지연 없이 전송하였고, Level 2 프로토콜은 B2B간 전달을 위해 최소의 에너지 소모를 통하여 전송하는 방법을 취하였다.

향후 연구 과제로는 제안 Level-1 과 Level-2의 시스템 전체에 적용 가능한 에너지 모델 및 전송 지연에 대한 분석과 시뮬레이션 및 모의실험을 통한 정량적 평가를 수행 하고자 한다.

#### 참고문헌

- [1] 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, Mar. 2005, pp. 1-10.
- [2] 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", In *Proc. of MobiHoc '03*, Annapolis, Maryland, June, 2003.
- [3] T. Chen, J. Tsai, and M. Gerla, "QoS Routing Performance in Multihop Multimedia Wireless Networks," In *Proc. IEEE 6th International Conference of Universal Personal Communication*, vol. 2, pp.557-561, 1997.
- [4] L.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," *IEEE Communication Magazine*, vol. 40, no. 8, pp. 102-114.
- [5] T. Martin, E. Jovanov, and D. Raskovic, "Issues in Wearable Computing for Medical Monitoring Applications: A Case Study of a Wearable ECG Monitoring Device," in *Proc. of the International Symposium on Wearable Computers ISWC*, Atlanta, 2000, pp. 43-50.
- [6] A.G. Ruzzelli, R. Jurdak, G. O'Hare, and P. Stok, "Energy-Efficient Multi-hop Medical Sensor Networking," in *Proc. of the 1st ACM SIGMOBILE Heathnet 2007*, pp. 37-42.
- [7] X. Yang, J. Liu, and N.H. Vadya, "A Vehicle-to-vehicle Communication Protocol for Cooperative Collision Warning," in *Proc. Int. Conf. Mobile and Ubiquitous Systems, MobiQuitous 2004*, Aug. 2004, pp.1-14.
- [8] 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.