

IEEE 802.15.6 맥 프로토콜을 위한 적응형 폴링 알고리즘 연구

정 홍 규[†]

요 약

IEEE 802.15.6 표준 기술은 인체 내부 또는 근처에서의 근거리 저전력 무선 통신을 목적으로 제안되었으며, 대부분 맥박, 혈압, ECG, EEG 신호와 같은 인체 활력 징후(Vital Sign)를 데이터 형태로 전송하게 된다. 이러한 인체 활력 징후들은 대부분 실시간으로 전송되어야 하기 때문에 데이터 생성 후 허브 노드까지 전송이 완료되는 지연 시간이 중요한 성능 지표가 된다. 하지만 IEEE 802.15.6 표준 기술의 경우 데이터 재전송이 그 다음 수퍼프레임에 이루어지는 특징을 가지고 있다. 이를 해결하기 위해 본 논문은 적응형 폴링 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 슬레이브 노드가 데이터 전송에 실패할 경우 허브 노드가 현 수퍼프레임 내에서 할당 가능한 시간 구간을 찾아 슬레이브 노드에 이를 할당하여 현 수퍼프레임 내에서 재전송이 이루어지도록 한다. 성능 분석을 통해 제안한 알고리즘이 기존 IEEE 802.15.6 표준 기술 대비 트래픽 양이 70%일 경우, 수퍼프레임이 10ms, 100ms일 때 약 61%, 73%씩 지연시간을 감소시켰다. 또한 제안한 알고리즘은 재전송으로 인한 과부하적(Bursty) 트래픽 전송 현상을 차단하는 효과도 가지고 있다. 제안한 적응형 폴링 알고리즘을 통해 시간 민감형 인체 활력 징후 트래픽은 심각한 지연 없이 전송될 수 있다.

An Adaptive Polling Algorithm for IEEE 802.15.6 MAC Protocols

Hongkyu Jeong[†]

ABSTRACT

IEEE 802.15.6 standard technology is proposed for low-power wireless communication in, on and around body, where vital signs such as pulse, blood pressure, ECG, and EEG signals are transmitted as a type of data packet. Especially, these vital signs should be delivered in real time, so that the latency from slave node to hub node can be one of the pivotal performance requirements. However, in the case of IEEE 802.15.6 technology data retransmission caused by transmission failure can be done in the next superframe. In order to overcome this limitation, we propose an adaptive polling algorithm for IEEE 802.15.6 technology. The proposing algorithm makes the hub to look for an appropriate time period in order to make data retransmission within the superframe. Through the performance evaluation, the proposing algorithm achieves a 61% and a 73% latency reduction compared to those of IEEE 802.15.6 technology in the environment of 70% traffic offered load with 10ms and 100ms superframe period. In addition, the proposing algorithm prevents bursty traffic transmission condition caused by mixing retransmission traffic with the traffic reserved for transmission. Through the proposing adaptive polling algorithm, it will be possible to transmit time-sensitive vital signs without severe traffic delay.

Key words: IEEE 802.15.6, adaptive polling algorithm(적응형 폴링 알고리즘), time-sensitive vital sign (시간 민감형 활동 징후)

※ 교신저자(Corresponding Author): 정홍규, 주소: 대구 동구 을하동 세계육상선수촌아파트 2단지 208동 501호 (701-905), 전화: 053)850-7278, FAX: 053)850-7299, E-mail: hongkyu.jeong@gmail.com
접수일: 2011년 12월 30일, 수정일: 2012년 2월 3일

완료일: 2012년 3월 8일

[†] 정회원, 경일대학교 첨단의료기학과

※ 본 연구는 2010년도 경일대학교 신입교원정착연구비 지원에 의하여 수행되었음.

1. 서 론

최근 전세계적인 노령 인구의 증가로 인류는 다양한 사회적 문제들에 직면하였고, 그 중에서도 노인들의 건강 유지를 위한 의료비 증가 문제는 가장 큰 화두중의 하나가 되었다. 미국 통계청 자료에 따르면 2025년까지 65세 이상 인구가 현재의 2배 이상이 될 것이다[1]. 뿐만 아니라 의료비 증가는 단순히 노인 인구의 증가에 기인하기보다는 건강에 대한 관심 고조와 더불어 건강한 노후 생활을 위한 정기적인 건강검진 및 생존 연령 연장으로 인한 다양한 의료 서비스 수요로 더욱 가중되었다. 이러한 의료 서비스 수요 증대로 인해 응급실이나 중환자실(Intensive Care Unit, ICU)에서의 환자 모니터링 시스템(Patient Monitoring System, PMS) 사용 빈도 또한 증가하는 추세이며, 최근 들어 혈압이나 혈당 등을 체크할 수 있는 휴대용 의료기기 등에 대한 관심도 증가하고 있다. 의료기기의 사용빈도 증가 및 휴대성 증가로 기존 유선 기반 데이터 전달방식은 많은 불편함을 초래하였고, 이에 따라 무선 전달방식의 연구가 진행되었다[2-4].

IEEE 802.15.4 표준에서는 저속 무선 개인 네트워크(low-rate wireless personal area networks, LR-WPAN)를 위한 물리층(Physical Layer, PHY)과 매체접근 제어층(Media Access Control layer, MAC)에 대해 정의하였다. IEEE 802.15.4 표준의 목적은 장비 간 저복잡도, 저비용, 저전력, 저속의 무선통신을 할 수 있는 WPAN 구성을 위한 하위층을 제공하는 것이다. IEEE 802.15.4 표준은 저전력, 저비용 WPAN 구축을 위해 전송되는 데이터 양을 줄이고 데이터 전송을 위한 의무 기간(duty cycle) 및 빈도수를 줄였으며 프레임 오버헤드(frame overhead)도 줄였다. 또한 프로토콜 자체의 복잡도(complexity)를 줄였고, 전송 영역(range)을 제한하였으며 엄격한 전력 운영 메커니즘을 적용했다. 이러한 노력 덕분에 많은 의료기기 및 전자기기에서 이 기술을 활용하였다.

하지만, 낮은 데이터 전송율과 QoS(Quality of Service) 보장 방법 부재 및 충분치 않은 배터리 절약 메커니즘으로 새로운 무선 전송 방식이 요구되었고, IEEE 802.15 TG6에서 이러한 요구사항을 반영한 새로운 표준인 IEEE 802.15.6 [5-8] 표준을 2007년부터 2011년까지 5년여 시간을 논의하여 제정하였다. 하

지만 IEEE 802.15.6 표준 기술은 데이터 재전송시 데이터가 지연되어 전송되는 특징이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 적응형 폴링 알고리즘을 제안하였고, 데이터 전송이 실패한 수퍼프레임 내에 재전송할 수 있는 메커니즘을 통해 시간 민감형 애플리케이션 데이터의 지연현상이 발생하지 않도록 했다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 IEEE 802.15.6 표준 기술의 특징적인 사항들에 대해 2장에서 설명하고, 3장에서는 제안한 적응형 폴링 알고리즘에 대해 설명하며, 4장에서 IEEE 802.15.6 기술 방식과 제안한 방식의 성능 비교 분석을 하고, 5장에서 결론을 맺는다.

2. IEEE 802.15.6 기술

IEEE 802.15.6 표준은 인체 내부 또는 근처에서의 단거리 무선 통신을 위한 내용을 기술하고 있다. 사용가능한 주파수 대역은 의료용 주파수 대역과 기존 ISM 대역을 모두 사용할 수 있다. IEEE 802.15.6 표준은 기존 IEEE 802.15.4 표준과는 달리 QoS(Quality of Service)를 보장하고, 극도의 저전력을 사용하면서도 최대 10 Mbps의 전송속도를 지원할 수 있다. 구체적으로 협대역(Narrowband, NB) 물리계층, 초광대역(Ultra wideband, UWB) 물리계층, 인체통신(Human Body Communication, HBC) 물리계층 및 MAC(Medium Access Control) 프로토콜에 대해 기술하고 있다.

2.1 협대역 물리계층(NB PHY)

NB PHY에서는 주로 무선 송수신 모듈의 활성화/비활성화, 최근 채널 내에서의 미사용 채널 선택, 데이터 전송 및 수령을 담당한다.

먼저 모든 MAC 데이터에 붙게 되는 물리계층 프로토콜 데이터 유닛(Physical-layer Protocol Data Unit, PPDU)은 그림 1과 같다. PLCP(Physical Layer Convergence Protocol) preamble은 시간동기 및 캐리어 옵셋 복원에 도움이 된다. PHY 헤더는 MAC 프레임의 데이터 속도, 길이 및 다음 패킷에 대한 정보를 가지고 있다. 데이터 속도는 402-405MHz, 420-450MHz, 863-870MHz, 902-928MHz, 950-958MHz, 2360-2400MHz, 2400-2483.5MHz 대역에서 75.9kbps에서부터 971.4kbps까지 다양한 속도를 지원한다.

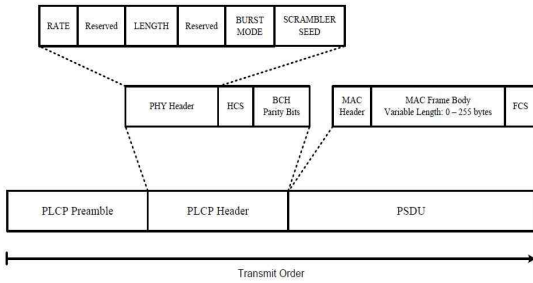


그림 1. NB PHY PPDU 구조

길이 필드는 MAC 헤더와 FCS를 제외한 MAC 프레임 길이를 알려준다. 버스트 모드(Burst mode)는 다음 패킷이 burst의 일부분 인지할 알려주며, 이에 따라 프레임 간격이 달라질 수 있다. 스크램블러 시드(Scrambler Seed)는 스크램블러 시드 식별자(identifier)값을 가지고 있다. 헤더 체크 순서(Header Check Sequence, HCS)값은 4bit (CRC-4 ITU)로 구성되어 있다. 그리고 BCH(Bose, ray-Chaudhuri, Hocquenghem) 코드는 에러 수정을 위해 사용되었다. 그리고 MAC 헤더, MAC 프레임 및 FCS(Frame Check Sequence)를 붙여 PPDU를 완성한다.

NB PHY 프레임 기간(duration)은 다음 수식(1)에 의해 계산된다. T_s 는 심볼주기, S_{header} 는 헤더 사이즈, S_{PSDU} 는 PSDU 사이즈, N_{total} 은 PSDU 비트 수, 코드워드(codeword)수 및 패드(pad) 비트 수로 구성된다. 또한 M 은 modulation 값으로 2,4,8 값 중에서 결정된다.

$$t_{packet} = T_s \times 90 + 31 \times S_{header} + \frac{N_{total}}{\log_2(M)} \times S_{PSDU} \quad (1)$$

2.2 광대역 물리계층(UWB PHY)

UWB PHY는 고성능, 안정적, 저복잡도, 극저전력

소모를 목표로 개발하는 기기들을 위해 디자인 되었다. 또한 UWB는 인체에 무해하거나 영향이 적은 MICS(Medical Implants Communications Service) 밴드를 이용하기 때문에 인체에 안전한 전력 레벨 사용은 물론 타 기기와의 간섭도 적다. UWB PHY는 무선 송수신 모듈의 활성화/비활성화, 데이터 전송 및 수령, 최근 채널 내에서의 미사용 채널 선택을 담당한다.

UWB PHY는 Impulse Radio (IR) UWB와 wide-band Frequency Modulation (FM) UWB 두 종류로 구분된다. 인체 영역 네트워크(Body Area Network, BAN)에서 허브(Hub)에 IR UWB 송수신모듈만 구현되거나 IR UWB와 FM UWB 송수신 모듈 모두가 구현된다. 반면 디바이스의 경우 IR UWB 또는 FM UWB 송수신 모듈이 단독 또는 모두 구현된다. QoS 옵션의 경우, 우선순위는 의료 애플리케이션에게만 주어진다. UWB PHY는 디폴트 모드와 QoS 모드를 지원해야 하는데, 디폴트 모드는 기본적으로 IR UWB를 지원해야하며 FM UWB는 선택적으로 지원할 수 있다. 반면 QoS 모드에서는 IR UWB를 의무적으로 지원해야 한다. 모드 별 지원사항은 표 1과 같다.

모든 MAC 데이터에 붙게 되는 UWB PPDU는 그림 2와 같다. SHR(Synchronization Header)은 NB PHY의 PLCP preamble처럼 동기화에 사용되고 preamble과 Start Frame Delimiter (SFD) 구성되었으며, PHR(Physical layer Header)은 데이터 속도, MAC 프레임 길이, 펄스 타입, 버스트 모드, HARQ 정보 및 스크램블러 시드 값을 포함하고 있다. 데이터 속도는 0.5 Mbps에서 10 Mbps의 범위내에서 지원가능하며 0.4882 Mbps를 필수적으로 지원해야 한다. MAC 프레임 길이, 버스트 모드 및 스크램블러

표 1. UWB PHY 모드 별 특징

	Default Mode		QoS Mode
	IR UWB PHY	FM UWB PHY	IR UWB PHY
PPDU 개수	One	One	One
데이터 속도	0.4875 Mbps	0.25 Mbps	0.4875 Mbps
변조방식	on-off signaling	CP-BFSK & Wideband FM	DPSK
사용 채널	Low/High band	High band	Low/High band
전송 스펙트럼 마스크	Support	Support	Support
HARQ	Not support	Not support	Support

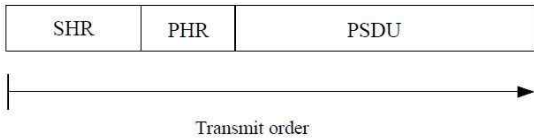


그림 2. UWB PHY PDU 구조

시드 값은 NB PHY와 동일하지만, 펄스 타입의 경우 칩(Chirp) 펄스, 카이오틱(Chaotic) 펄스 및 짧은 펄스(short pulse shape)을 지원한다. 또한 HARQ (Hybrid Automatic Repeat Request)라는 재전송 방식을 지원함으로써 빠른 데이터 전송이 가능하다. PSDU에는 NB PHY와 마찬가지로 MAC 헤더, MAC 프레임, FEC로 구성되어 있다.

UWB 프레임 기간(duration)은 다음 수식2에 의해 계산된다. T_{SHR} 은 SHR의 기간, T_{PHR} 은 PHR 기간, T_{PSDU} 는 PSDU 기간을 의미한다.

$$T_{packet} = T_{SHR} + T_{PHR} + T_{PSDU} \quad (2)$$

2.3 인체 통신 물리계층(HBC PHY)

인체 통신 물리계층(HBC PHY)은 인체 내 또는 근처에서의 통신을 위해 제안되었으며, 21 MHz 및 32 MHz에서 사용되며 프레임 구조는 그림 3과 같다. 앞에서 언급한 NB PHY 및 UWB PHY와 달리 HBC PHY는 파일럿(Pilot) 삽입 간격을 선택적으로 명시하고 있다. 파일럿 삽입은 클락 이동으로 동기화가 흐트러지는 것을 막기 위해 PSDU에서 데이터와 데이터 사이에 들어가게 되고 그 모습은 그림 4와 같다. 파일럿 삽입 간격은 64 byte 또는 128 byte가 되며 이때 PSDU 전체 길이가 파일럿 길이보다 짧을 경우

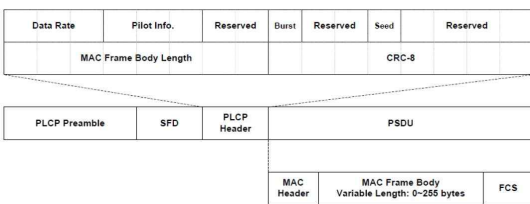


그림 3. HBC PHY PDU 구조



그림 4. HBC PHY Pilot 추가 구조

파일럿은 삽입되지 않는다. 동작 주파수 대역은 21 MHz 또는 32 MHz 대역이 사용된다.

2.4 MAC 계층

IEEE 802.15.6 MAC의 특징은 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째로, 슈퍼프레임(Superframe) 기반 비콘 모드(Beacon Mode), 슈퍼프레임 기반 비 비콘 모드 (Non-beacon Mode), 슈퍼프레임을 기반하지 않는 비 비콘 모드 중에 한 액세스 모드(Access Mode)를 지원해야 한다. 둘째로, Immediate ACK (I-ACK), Group ACK (G-ACK), Block ACK (B-ACK), Late ACK (L-ACK), No ACK (N-ACK) 등 다양한 ACK 전달 방법을 제공한다. 셋째로, 슈퍼프레임 내에서 랜덤 액세스 방식, 즉석 비스케줄 액세스 방식, 그리고 스케줄 액세스 방식을 제공한다. 마지막으로, 비콘모드에서 비콘 주기에 기반한 Sleep/Wakeup 간격 조절 기능을 제공한다.

2.4.1 액세스 모드

먼저, IEEE 802.15.6 MAC은 슈퍼프레임 기반 비콘 모드를 지원하며, 구조는 그림 5와 같다. 그림 5에서 'B'는 Beacon Mode를 의미하고, 매 비콘 기간(슈퍼프레임)마다 비콘을 보낸다. 비콘 프레임에는 각 노드의 전력 운영 방법, 동기화 정보 및 자원 할당 정보가 포함되어 있다. 물론 비콘 프레임은 예약된 할당 정보가 있을 때만 허브에서 전송된다. 액세스 구간은 Exclusive Access Phase (EAP), Random Access Phase (RAP), Managed Access Phase (MAP), Contention Access Phase (CAP)를 운영하는데, CAP을 할당하고자 할 때 'B2'를 전송하게 된다. EAP 구간은 긴급 이벤트 데이터가 전송되고, RAP 구간에는 긴급 이벤트 와 데이터가 전송된다. MAP 구간에는 예약된 업/다운링크 할당 간격, 예약되지 않은 양방향 할당 간격, 긴급 타입I 업/다운링크 할당 간격 정보가 주어진다. CAP 구간에서는 노드간 경쟁을 통한 전송이 이루어진다.

또한 IEEE 802.15.6 MAC은 슈퍼프레임 기반 비 비콘 모드를 지원하는데, 허브는 슈퍼프레임 기간동안 단지 MAP만 운영한다. 끝으로 슈퍼프레임을 기반하지 않는 비 비콘 모드를 지원하는데, 허브는 스케줄 되지 않은 타입II 업/다운링크 할당 간격을 제공한다.

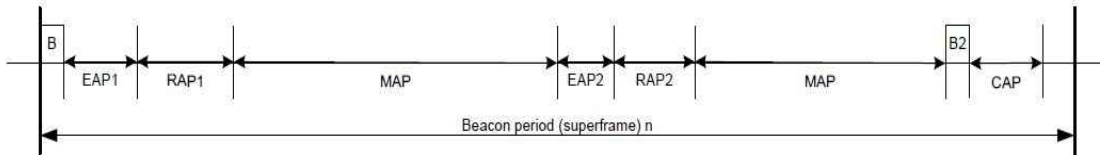


그림 5. 수퍼프레임 기반 비콘 모드 구조

2.4.2 ACK 전달 방법

앞에서 언급한 대로 IEEE 802.15.6 MAC은 I/G/B/L/N-ACK를 전달한다. I-ACK는 데이터를 받은 즉시 ACK를 보내는 것이고, G-ACK는 여러 노드의 ACK를 동시에 전달하는 것이며, B-ACK는 여러 프레임의 ACK를 묶어서 전송하는 것이다. 또한 L-ACK는 ACK를 지연 전송하는 것이며, N-ACK는 ACK를 전달하지 않는다. 이렇게 다양한 ACK 전달 방식을 제공하는 이유는 가장 효율적인 방법으로 ACK를 전달함으로써 무선 자원 및 배터리 효율성을 극대화하고자 한다.

2.4.3 수퍼프레임 액세스 방식

IEEE 802.15.6 MAC은 각 수퍼프레임 기간 동안 다음의 세 가지 유형의 액세스 방식을 지원한다. 첫째로, 랜덤 액세스 방식은 자원할당을 위해 CSMA/CA 방식 또는 Slotted Aloha 방식을 지원한다. 주로 EAP, RAP, CAP 액세스 구간에서 사용된다. 둘째로, 즉석 비스케줄(Unschedule) 액세스 방식을 지원한다. 이는 스케줄되지 않은 업링크(Poll) 또는 다운링크(Post) 데이터가 있을 때 사용된다. ACK와 함께 업/다운링크 예약 자원 정보가 전달된 후 업/다운링크 데이터 전송에 사용된다. 셋째로, 스케줄 액세스 방식이 지원된다. 이는 전통적으로 사용된 자원 예약 메커니즘으로 하나 또는 다수의 수퍼프레임 주기로 무선 자원을 예약하고 정해진 주기에 데이터를 전송하는 방법이다. 이렇듯 스케줄/비스케줄 랜덤/충돌 방지 액세스 방식을 제공하는 것을 통해 애플리케이션에 따른 최적의 액세스 방식을 제공하고자 했다.

2.4.4 전력 소모 제어

IEEE 802.15.6 MAC은 비콘모드에서 비콘 주기에 기반한 Sleep/Wakeup 간격 조절 기능을 제공한다. 노드는 활동(Active) 수퍼프레임과 비활동(Inactive) 수퍼프레임으로 구분되어 활동 수퍼프레임 동안에만 깨어(Wakeup State)있다. 또한 한 수퍼프레임 안

에서도 보내거나 받을 데이터가 있으면 깨어있지만 그럴 필요가 없을 때는 아무런 데이터도 받지 않는 Sleep 상태로 들어간다. 이러한 메커니즘을 통해 극저전력 소모가 가능해진다.

3. 제안하는 적응형 폴링 알고리즘

앞 섹션에서 IEEE 802.15.6 PHY 및 MAC 프로토콜에 대한 특징적인 사항들은 기술하였다. 특히 MAC 프로토콜의 경우 데이터 전송 후 ACK를 전송하도록 하여 망의 안정성을 높이도록 했다. 하지만 IEEE 802.15.6 기술이 적용되는 BAN의 경우, 인체 내에 노드를 임플란트(Implant)하거나 노드가 이동 중에 데이터를 전송해야 하는 등의 다양한 시나리오를 고려할 수 있다. 특히 의료용 애플리케이션의 경우 시간 민감형 데이터를 전송하기 때문에 단시간 내에 재전송이 이루어져야 하고, 다수의 애플리케이션을 동시에 사용할 경우 망의 과부하(burstiness)로 인한 추가적인 손실(loss)를 줄이기 위해 가능한 해당 수퍼프레임 내에 전송해야 한다[4]. 하지만 IEEE 802.15.6 표준에서는 데이터 수신시 문제가 발생했을 경우 N-ACK 방식에 의해 아무런 ACK도 보내지 않는다. 이를 통해 노드에서는 전송한 패킷이 제대로 전송되지 않았음을 알게 되고 다음 수퍼프레임 기간에 재전송하게 된다. 이럴 경우, 앞에서 언급한대로 데이터 전송이 지연되며, 특히 전송해야 하는 트래픽이 많은 상황에서는 보내야 하는 다른 애플리케이션 트래픽과의 경쟁 및 추가 전송 지연이 불가피하게 된다. 무엇보다도 각 애플리케이션마다 지연 요구사항이 있는데[9], 예를 들어 video/medical image의 경우 100ms가 지연 요구사항인데, beacon frame을 100ms 전후로 셋팅하게 되면 지연된 재전송 메커니즘으로는 이러한 애플리케이션의 요구사항은 만족하기 어려워진다. 왜냐하면 슬레이브 노드의 에너지 절감을 위해 beacon frame 전송 주기를 짧게만 가져갈 수 없기 때문이다. 그림 6은 IEEE 802.15.6 표준

기술에 기반한 데이터 전송을 보여준다. 노드1은 예약된 할당 기간 동안 데이터를 전송하고, 허브는 이에 대한 ACK를 전송하게 된다. 그런데 만일 데이터 전송이 제대로 이루어지지 않았다면 그림 6처럼 아무런 ACK도 전송하지 않게 되고, 잠시 후 노드2가 예약된 할당 기간 동안 데이터를 전송하게 된다. 노드1은 전송한 데이터에 대한 ACK를 받지 못했기 때문에 다음 수퍼프레임에 데이터를 전송하게 되고, 노드1 할당 기간 이후 바로 노드2 할당 기간이 위치해 있어서 노드1에게 연속된 추가 자원 할당도 어려워진다. 이때 데이터 전송 및 ACK 수신은 주어진 superframe slot 주기 안에 이루어지므로 슬레이브 노드는 정해진 시간 안에 ACK 수신을 하게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해 IEEE 802.15.6 표준 기술 기반 적응형 폴링 알고리즘을 제안한다. 허브는 노드가 보낸 데이터를 수신하지 못했거나 수신했어도 에러가 있어서 재수신을 해야 할 경우, N-ACK를 하지 않고 일종의 Negative ACK를 전송하고 현 수퍼프레임에서 가능한 자원을 확인한 후 Poll 정보를 노드에 보내준다. Negative ACK와 Poll 정보를 받은 노드는 재전송임을 확인하고 직전에 보낸 데이터를 정해진 시간(Polling Time)에 재전송하게 된다. 이 방법을 통해 Node는 많은 지연시간 없이 데이터 전송이 가능해져서 시간 민감형 의료용 데이터 전송이 원활해지고, 여러 노드에서 보낸 데이터에서 동시 다발적으로 에러가 발생하는 상황이 발생하더라도 무선 링크 자원을 최대한 활용하게 되어 이로 인한 추

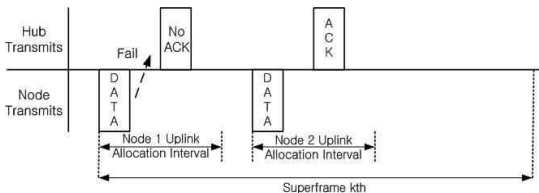


그림 6. IEEE 802.15.6 표준 기반 데이터 전송 방법

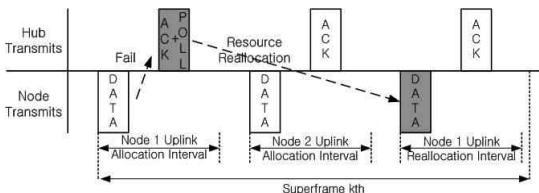


그림 7. 제안하는 적응형 폴링 알고리즘 기반 데이터 전송 방법

가 손실을 줄일 수 있다. 그림 7은 제안하는 적응형 폴링 알고리즘 데이터 전송 방법을 보여주고 있다.

4. 성능 분석 및 평가

성능 분석은 기존 IEEE 802.15.6 표준 기술과 제안하는 적응형 폴링 알고리즘의 트래픽 양(Load)에 따른 지연(Latency) 정도를 비교한다. 왜냐하면 기존 수퍼프레임 내에서 할당 할 수 있는 무선 링크 자원이 있어도 할당하지 않음으로 인해 시간 민감형 애플리케이션 트래픽이 지연되는 현상을 겪게 되는 것이 문제점이기 때문이다. 또한 높은 재전송률로 인한 트래픽 과부하 현상에 대한 결과도 살펴본다.

4.1 가정(Assumption)

결과는 다음의 가정을 기반으로 도출되었다. 첫째로, 네트워크 구조는 스타(Star)형 구조를 가지고 있다. 즉, 다수의 슬레이브(Slave) 노드가 하나의 허브 노드와 연결된 구조이다. 둘째로, 실험에 사용된 애플리케이션은 매 10ms 마다 데이터를 생성하는 ECG 애플리케이션을 사용하였다. 셋째로, 이벤트 생성(Event-driven) 시뮬레이터가 사용되었고, 30번 시뮬레이션 한 평균값이 결과값으로 사용되었다. 시뮬레이션 특성은 다음 표 2와 같다.

표 2. 우선순위 매핑(Mapping)

심볼	설 명	값	단위
L_{Speed}	각 슬레이브 노드의 평균 링크 속도	250	Kbps
L_{data}	패킷당 평균 데이터 길이	90	Byte
L_{ACK}	ACK 패킷 길이	5	Byte

4.2 성능 분석 및 평가

그림 8은 기존 IEEE 802.15.6 표준 기술의 트래픽 양에 따른 지연 상태를 보여준다. 슬레이브 노드의 데이터 전송이 실패할 경우, 허브 노드는 ACK를 전송하지 않으며 슬레이브 노드는 그 다음 수퍼프레임에 데이터를 재전송하게 된다. 따라서 재전송 될 경우, 기본적으로 수퍼프레임 길이만큼 기다리게 되고 노드별 스케줄시간에 따라 추가로 더 지연된다. 그림 8을 통해 트래픽 양에 따른 지연 보다는 수퍼프레임

길이에 따른 지연이 더 큼을 알 수 있다.

반면 그림 9는 제안한 적응형 폴링 알고리즘을 사용할 때의 트래픽 양에 따른 지연 상태를 보여준다. 슬레이브 노드의 데이터 전송이 실패할 경우, 허브 노드는 동일 수퍼프레임 내에서 할당 가능한 시간을 찾아서 Poll 메시지를 슬레이브 노드에 전달해 준다. 그리고 슬레이브 노드는 할당받은 시간에 전송 실패한 데이터를 재전송하게 된다. 결국 재전송한 패킷은 현 수퍼프레임 내에서 재전송하게 되면 지연 시간은 그만큼 줄어들게 된다. 그림 8과 비교할 경우 제안한 적응형 폴링 알고리즘은 트래픽 양이 10%일 때, 수퍼프레임이 10ms, 100ms 일 때 약 75%, 93% 씩 지연 시간을 감소시켰고, 트래픽 양이 70%일 경우, 수퍼프레임이 10ms, 100ms 일 때 약 61%, 73% 씩 지연 시간을 감소시켰다.

그림 10은 손실율이 변함에 따라 재전송으로 인한 추가 트래픽 양을 포함한 최종 트래픽 양을 보여주고

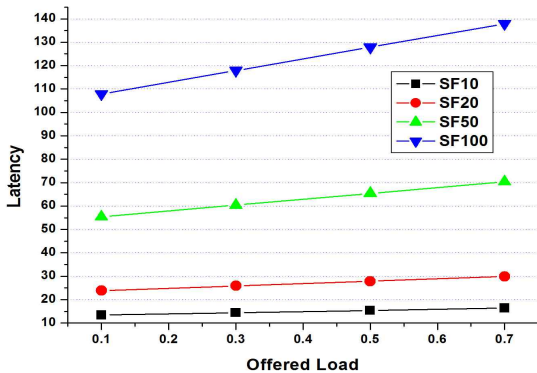


그림 8. IEEE 802.15.6 표준 기술의 트래픽 양에 따른 지연 상태

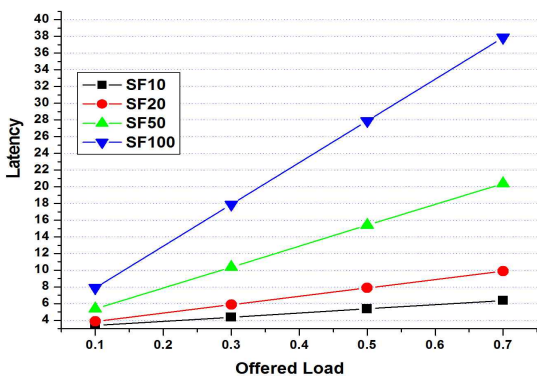


그림 9. 제안한 적응형 폴링 알고리즘의 트래픽 양에 따른 지연 상태

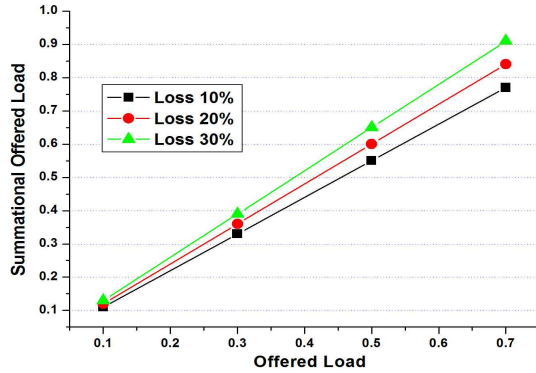


그림 10. 손실율에 따른 최종 트래픽 변화량

있다. 앞에서 언급한 대로 전송 트래픽 양이 70%이고 손실율이 30%일 경우, 그 다음 수퍼프레임에서 전송해야 하는 트래픽 양이 링크 전송량의 90%에 육박하게 되어 링크 과부하 상태에 놓이게 된다. 따라서 제안한 알고리즘은 이처럼 트래픽 양이 많을 경우 더욱 무선 네트워크 망의 안정성에 도움이 된다 하겠다.

5. 결 론

본 논문은 IEEE 802.15.6 표준 기술을 기반으로 한 적응형 폴링 알고리즘을 제안하였다. IEEE 802.15.6 표준 기술에서 슬레이브 노드에서 데이터 전송 실패 시 다음 수퍼프레임에서 재전송하게 되는데, 제안한 적응형 폴링 알고리즘에서는 현 수퍼프레임에서 할당 가능한 구간을 찾아 이를 Poll 정보로 슬레이브 노드에 전달한다. 이를 통해 무선 링크 자원 효율 증가는 물론 시간 민감형 데이터의 지연을 막아주고 과부하 트래픽 전송 상황도 일어나지 않도록 한다. 성능 분석을 통해 트래픽 양이 70%일 경우, 수퍼프레임이 10ms, 100ms 일 때 약 61%, 73% 씩 지연 시간을 감소시킬 수 있었다. 또한 데이터 손실율이 30%까지 증가할 경우 70% 데이터 전송 상황에서 전체 전송 데이터가 90%까지 증가하는 결과를 통해 제안한 알고리즘이 과부하 상황에 더욱 효과적임을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] U.S. Census Bureau, <http://www.census.gov/>,

2000

[2] <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>, 2012

[3] 박희동, 김도현, 박현, “IEEE 802.15.4에서 대역폭 사용 효율 향상을 위한 적응적 GTS 할당 기법,” 멀티미디어학회논문지, 제14권, 제2호, pp. 219-227, 2011.

[4] Hongkyu Jeong, Min-Gon Kim, and Hong-Shik Park, “A Data Profile-Based Contention-Free MAC Protocol for the Patient Monitoring Systems on WBANs,” *ObCom2011, Part1, CCIS 269*, pp. 192-201, 2012

[5] 노승민, 김정호, 강철호, “IEEE 802.15.6 WBAN 환경에서 QoS를 고려한 실시간 트래픽 성능 향상에 관한 연구,” 전자공학회논문지, 제48권, TC편, 제4호, pp. 84-91, 2011.

[6] 이성협, 윤양문, 김도현, “IEEE 802.15.6 중심의 WBAN 국내외 표준화 동향,” 정보와 통신 학회지, 제25권, 제2호, pp. 11-17, 2008.

[7] N.F. Timmons and W.G. Scanlon, “Improving the Ultra-Low-Power Performance of IEEE 802.15.6 by Adaptive Synchronization,” *IET Wireless Sensor Systems*, Vol.1, Issue3, pp. 161-170, 2011.

[8] C. Tachtatzis, F. Franco, D. Tracey, N. Timmons, and J. Morrison, “An Energy Analysis of IEEE 802.15.6 Scheduled Access Modes,” *IEEE Globecom 2010*, pp.1270-1275, 2010.

[9] Maulin Patel and Jianfeng Wang, “Applications, Challenges, and Prospective in Emerging Body Area Networking Technologies,” *IEEE Wireless Comm.*, Vol.17, Issue.1, pp. 80-88, 2010.



정 홍 규

2003년 한국과학기술원 전기전자공학과 공학석사
 2009년 한국과학기술원 전기전자공학과 공학박사
 2009년 삼성전자 책임연구원
 2010년 9월~현재 경일대학교 첨단의료기학과 전임강사

관심분야: 바이오메디컬 센서 네트워크, LTE 시스템, 모바일 와이맥스 시스템, 차세대 패킷 네트워크