

에러교정기법을 이용한 WBAN 서비스품질 최적화 설계

이정재*

WBAN Service Quality Optimization Design Using Error Correction Technique

Jung-Jae Lee*

요 약

웨어러블 센서, 심전도조정기의 전력 소비는 네트워크 수명을 늘리기 위해 매우 낮아야 하며 WBAN노드에서 처리하는 데이터의 에러교정 및 인증등의 예상되는 서비스품질 제어는 중요하다. 따라서 서비스품질제어는 건강모니터링규정에서 WBAN을 구현하는 데 있어 가장 긴급한 관심사이다. 최적의 QoS제어를 위해 에너지 효율을 고려한 에러교정기법과 IEEE 802.15.6과 성능을 에너지효율 및 평균전송갯수면에서 비교평가 한다. 제안된 에러교정기법의 성능은 채널 추정을 이용하여 부호화율을 적절히 조절함으로써 에너지 효율 및 전송율이 향상됨을 보인다.

ABSTRACT

The power consumption of wearable sensors and electrocardiogram regulators should be very low to extend the network lifetime and anticipated QoS(: Quality of Service) control such as error correction and authentication of data processed by WBAN(: Wireless Body Area Network) nodes is important. Therefore, QoS control is the most urgent concern to implement WBAN in health monitoring regulations. For optimal QoS control, we compare the energy efficiency and the average number of transmissions with IEEE 802.15.6 and the error correction method considering energy efficiency. The performance of the proposed error correction technique shows that the energy efficiency and the transmission rate are improved by adjusting the coding rate appropriately using the channel estimation.

키워드

Electrocardiogram Regulators, Error Correction Technique, Quality of Service, Wireless Body Area Network
심전도 조정기, 에러 교정 기법, 서비스 품질, 무선 인체 네트워크

1. 서 론

최근 웨어러블 생체신호 센서 및 모바일 의료 사물 인터넷을 채택한 건강 모니터링 시스템이 부각되면서 무선인체네트워크(WBAN : Wireless Body Area Network)이 모바일 사물인터넷 분야에서 핵심 기술로 자리매김 하고 있다[1]. WBAN 센서는 병원, 양로원이

나 자신의 집에서 다양하고 중요한 데이터를 샘플링 및 모니터링하여 전달하며 실시간 피드백을 제공하여 환자 건강을 모니터링 하는데 WBAN이 구현 될 것으로 기대된다. WBAN 시스템에 대한 표준을 개발하려는 다양한 시도가 있어 왔으며 2011년 IEEE 802.15.4a는 광범위한 분야에 응용프로그램을 적용한 무선개인 영역네트워크(WPAN : Wireless Personal Area

* 교신저자 : 송원대학교 컴퓨터정보학과
• 접 수 일 : 2019. 07. 17
• 수정완료일 : 2019. 07. 31
• 게재확정일 : 2019. 08. 15

• Received : Jul. 17, 2019, Revised : Jul. 31, 2019, Accepted : Aug. 15, 2019
• Corresponding Author : Jung-Jae Lee
Dept. of computer information sciences, Songwon University,
Email : jjalee@songwon.ac.kr

Network)의 표준으로 발표되었다[2]. 그러나 IEEE 802.15.4a는 의료 및 건강 관리 플랫폼에 최적화를 지원하지 않는 표준으로 이에 IEEE 802.15.6을 의료용 임플란트 및 웨어러블 WBAN에 특화된 표준으로 발표하였다. WBAN 시스템에서 착용식 생체 신호 센서 노드는 다양한 데이터 속도의 다양한 유형의 센서를 포함하며 허용 통신오류율 및 지연은 응용 프로그램에 따라 다르다. IEEE 802.15.6은 광범위한 데이터 속도를 지원하고 인체 주변의 짧은거리에서 8개의 사용자우선순위를 정의하고 매우 신뢰할 수 있는 저전력 무선 통신의 국제 표준을 제공하는 것을 목표로 한다[3]. 지능형 셔츠, 이식형 센서, 심전도 조정기는 WBAN에서의 건강 모니터링에 사용되는 데이터로 이러한 건강데이터는 민감한 분야이기에 QoS 를 보장해야 한다. 따라서 QoS 제어는 건강모니터링규정에서 WBAN을 구현하는 데 있어서 가장 긴급하고 중요한 관심분야로 서로 다른 데이터 유형이 효과적이고 효율적으로 통신되도록 보장해야 한다. 이러한 요구 사항을 해결하기 위해 우선 순위 스케줄링을 위한 다중화 계층을 사용하는 최적의 QoS 제어 기법과 QoS 요구 사항에 적응하는 분해 가능한 오류 제어 코딩 기법이 제안되었다[4-6].

본 논문에서 IEEE 802.15.6 표준시스템[11]인 UWB(: Ultra-Wideband)PHY는 다중 경로 페이딩 채널에서 다중홉 확장을 가정하며 에너지효율 및 평균 전송갯수를 제안된 에러제어기법과 IEEE 802.15.6과 성능을 비교평가한다. 제안된 에러제어기법의 성능은 채널 추정을 이용하여 부호화율을 적절히 결정함으로써 향상됨을 알 수 있었다. 이러한 향상으로 데이터 패킷은 재전송의 최대 수가 투-홉 확장에 의해 제한되는 경우에도 적은 홉수의 전송으로 허브에 중계될 수 있다. 2장에서는 관련 연구를 3장에서는 IEEE Std. 802.15.6기반 제안된 오류제어기법을 제시하고 4장에서는 시뮬레이션 성능 평가와 5장은 결론으로 구성된다.

II. 관련 연구

IEEE 802.15.6 표준은 NB, UWB 및 HBC의 세 가지 유형의 통신모드로 구성되며 각 통신 유형은 네트워크에 대한 다양한 구성을 정의한다. IEEE 802.15.6은 WBAN 네트워크 표준에 명시된 바와 같이

WBAN의 전송 흐름은 주로 MAC계층, 보안 기법, PHY계층으로 구분되며, MAC계층은 MAC프레임 포맷 및 통신 모드를 네트워크[7]는 마이크로제어장치(MCU : Microcontroller Unit)를 처리한다. 보안 체계는 링크를 인증 및 암호화 여부를 결정해야 한다. 통신 보안레벨 PHY 계층은 기저 대역 처리 모듈을 포함하며 이 모듈은 보안 체계에서 원래의 바이너리 데이터를 RF 프론트엔드에서 처리하기에 적합한 형식으로 변경처리한다. 정확하게 기저 대역 처리 모듈의 책임은 무선 송수신기의 활성화 및 비활성화 명확한 통신 평가와 데이터 수신 및 전송이다. 마지막으로, RF 프론트 엔드는 디지털 데이터를 올바른 주파수로 변조된 아날로그 신호로 변환하고, 변조된 신호를 증폭기로 전달하며, 안테나로 전송한다.

2.1 WBAN IEEE 802.15.6 MAC 계층

PHY상위계층인 IEEE 802.15.6 MAC 계층은 통신 접근을 제어하도록 설계되었으며 이를 위해 허브를 통해 전체 통신을 수퍼 프레임 체인으로 분할한다. 이들 수퍼 프레임의 경계에서 허브는 각각의 수퍼 프레임 임을 묶기 위해 동일한 길이의 비컨 구간을 선택하고 필요하다면 비컨 피리어드의 오프셋을 관리한다. 허브를 통한 수퍼 프레임은 정상적으로 각 비컨주기에 보내지지만[8] 의료장치라디오통신서비스(MRS : Medical Device Radiocommunications Service)대역규정에 의한 제한적인 수퍼 프레임은 비활성 상태로 된다. 그림 1은 IEEE 802.15.6 MAC 수퍼프레임의 구조이며 수퍼프레임은 MAC헤더, MAC프레임, FCS로 구성된다. MAC 헤더는 수신자 ID, 송신자 ID, WBAN ID 및 프로토콜 버전, ACK정책 등의 정보가 포함된 프레임제어로 세분한다. MAC프레임은 가변 길이를 갖으며 보안 시퀀스 번호, 선택된 유형의 프레임 페이로드를 포함한다. MAC프레임의 마지막 2바이트는 전송오류를 탐지하는 FCS로 오류 검출에 사용될 CRC-16-CCITT 시퀀스를 지정한다. 순환중복검사(CRC)에 사용되는 다항식은 $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ 로 표현되며 여기서 a_{15} 필드는 LSB이고 a_0 는 MSB이다.

2.2 WBAN의 보안 체계

IEEE 802.15.6 표준은 각각 모든 WBAN통신에 대

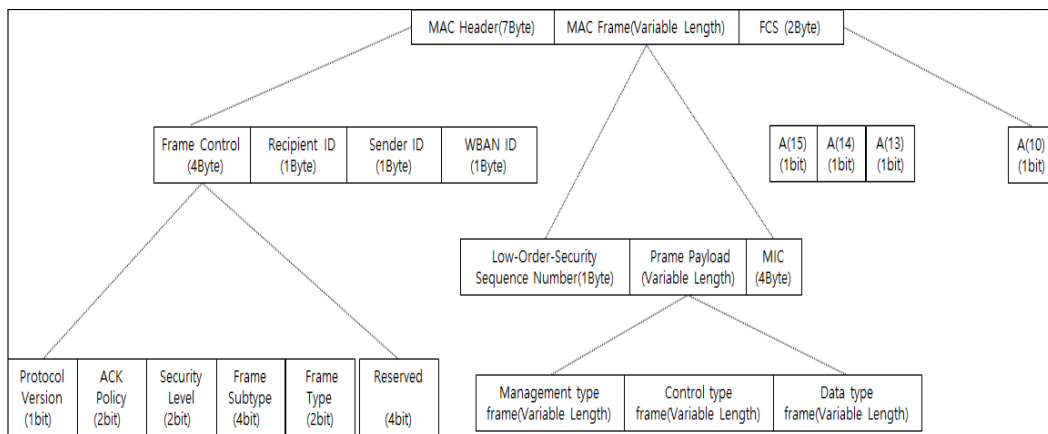


그림 1. IEEE 802.15.6 MAC 프레임 구조.
 Fig. 1. The MAC frame structure in IEEE 802.15.6.

해 보안레벨0, 보안레벨1, 보안레벨2를 명시한다. 레벨 0은 인증 또는 암호화가 필요하지 않는 통신이며 중요하거나 비공개가 아닌 타임스탬프와 같은 공개 정보가 전송된다. 보안레벨1은 이름, 나이, 위치정보와 같은 중요한 데이터는 포함되지 않지만 개인 정보가 들어 있으며 환자의 신체 조건에 대한 정보로 암호화 대신 인증절차가 필요하다. 혈압, 심장 박동수 및 맥박조정기의 매개 변수와 같은 중요한 데이터의 경우 보안레벨2에서 전송하며 인증 및 암호화가 필수이다. 인증 및 암호화를 구현하는 인증 방법으로 인증서 유효성 검사를 지정하고 타원곡선암호화(ECC : Elliptic Curve Cryptography)방법을 사용하였다. 표준사양에 기반하여 WBAN 시스템의 보안기능을 향상시키는 여러 가지 암호체계가 제안되었다. 이는 낮은 전력 소비기반의 경량 데이터 인증 기법을 지원하는 WBAN 보안기법이다[9]. Zhang, Z[10]은 보안 수준을 높이는 동시에 보안 체계 시스템의 복잡성을 단순화하기 위해 센서로부터 수집된 데이터를 이용하여 동적키를 생성하여 데이터 인증 및 암호화하는 방법을 제안하였다.

또한 인증서의 유효성을 검증하는 것 외에도 인증 절차는 WBAN에서 통신의 보안을 강화하기 위해서 Challenge-Response 단계를 호출하는 응용상세집적회로(ASIC : Application Specific Intergrated Circuits)을 제안하였다[11].

2.3. WBAN의 PHY 계층

NB통신의 물리계층 프로토콜 데이터단위(PPDU : Physical-layer Protocol Data Unit)는 그림2에 설명되어 있다. 모든 PPDU에는 물리계층수렴프로토콜(PLCP : Physical-Layer Convergence Protocol)프리앰블, PLCP 헤더, 물리계층서비스데이터단위(PSDU : Physical Service Data Unit)을 포함한다. PLCP프리앰블은 초기 데이터 패키지로 모든 PPDU는 데이터 패킷 탐지, 타이밍 동기화 및 반송파 복구에서 수신기를 지원한다. PLCP프리앰블 다음에는 15비트 PHY 헤더, 4비트 헤더 확인 시퀀스 및 12비트 BCH(: Bose Chaudhuri Hocquenghem)패리티 비트가 포함된 31비트 PLCP 헤더로 구성된다. 19개의 정보비트 및 12개의 패리티 검사 비트를 갖는 BCH 코드는 최대 t=2 오류비트보정능력을 제공하는 표준 BCH코드의 보다 짧다. PLCP의 목적은 수신기와 관련된 시스템 구성 파라미터를 제공한다. PHY 헤더는 3비트 rager, 8비트 길이, 1비트 버스트모드 및 1비트 스크램블러 seed, 2비트 예비로 구성된다. PSDU는 MAC계층의 데이터를 포함하는 구성 요소이며 시퀀스 시작 부분에 7바이트 MAC 헤더, 시퀀스의 끝에 2바이트 FCS, 데이터를 포함하는 중간의 0-255 바이트 MAC 프레임 본문으로 구성된다.

III. 제안된 에러교정기법

기존의 연구[11]에서 설정된 매개 변수에 따라 데이터를 전송하고, 각 원하는 비트 오류율(BER : Bit Error Rate)과 QoS 요구량에 따라 프리앰블 신호를 사용하여 신호잡음비(SNR : Signal Noise Rate)을 추정하고 부호화율을 변화시키는 동작과정은 그림3과 같다. 우선, 허브 또는 중계 노드로부터 수신된 비콘 또는 T-Poll의 프리앰블을 이용하여 채널 SNR을 추정하고 이때의 채널 SNR은 다음 식(1)[12]을 이용하여 계산된다.

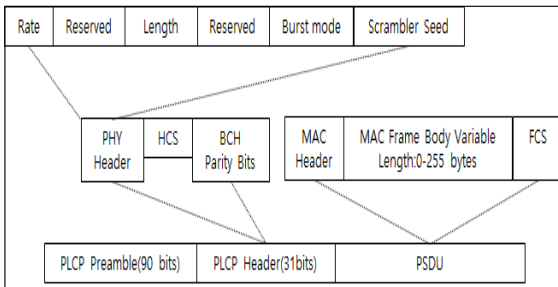


그림 2. 물리계층프로토콜데이터단위 구조
Fig. 2. Physical-Layer protocol data unit structure

$$\Gamma = \frac{|\rho|^2}{1 - |\rho|^2}, \quad \rho = \frac{xHr}{\sqrt{xHr} \sqrt{rHr}} \quad 0 \leq \rho \leq 1$$

$$x = s + \eta$$

$$r = cs \tag{1}$$

여기서 Γ 는 측정된 SNR, ρ 는 상관계수, x 는 잡음 η 를 갖는 프리앰블 신호, r 은 잡음 혹은 간섭이 없는 미지의 상수와 신호 s 로 구성된 프리앰블 신호이다. 중계 노드는 추정된 채널 SNR에 따라 코딩 레이트를 결정하고, 중계노드 또는 허브에 데이터를 전송한다. 비트 오류가 감지되면 부정응답확인(NACK : Negative-Acknowledgement)을 수신 후 오류 정정 능력을 높이기 위해 부호화된 데이터를 전송한다. 데이터가 성공적으로 전송되면, 채널 SNR은 반송된 ACK 프리앰블을 추정하여 부호화율이 결정되고, 다음 데이터가 전송된다. 제안된 방법은 기존 프리앰블을 사용하기 때문에 추가 오버 헤드가 필요하지 않는다.

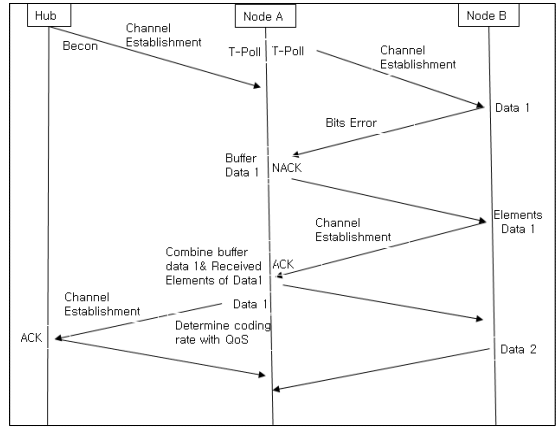


그림 3. 제안된 에러교정기법.
Fig. 3. The Proposed of error correction technique.

IV. 실험 및 고찰

4.1. 성능 평가

이 절에서 투혹 확장을 갖는 제안된 방식과 표준 방식은 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 통신 거리를 기반으로 평가하였고 주요 시뮬레이션 파라미터는 이전 연구[5-6]를 참조하였으며 i 번째 전송에서 Weldon의 ARQ 프로토콜의 사전 설정된 매개 변수를 보여준다. 시뮬레이션은 동기화헤더(SHR : Synchronization Header)과 물리계층헤더(PHR : Physical layer Header)에 오류가 없다고 가정하고 PSDU의 특성을 평가한다. 데이터1은 IEEE 802.15.6에서 BCH코드로 기본 모드를 사용하여 전송하고 Reed-Soloman를 이용하는 에러 제어 방식과 데이터2는 단축된 BCH 코드가 갖는 QoS 모드를 사용하여 전송한다. CM3은 웨어러블 WBAN기반에서 다중 경로 페이딩을 포함하는 채널 모델로 적용하고 에너지 효율은 이전의 연구 [5-6]에서 η 는 식(2)와 같다.

$$\eta \equiv \frac{P_s + L_i}{E_{link, N1 \rightarrow N2} + E_{link, N2 \rightarrow H}} \tag{2}$$

여기서 P_s 는 전송성공율이고 L_i 는 정보비트길이 306비트, $E_{link, N1 \rightarrow N2}$ 는 $N1, N2$ 홉의 통신링크의 에너지

표 1. Weldon's ARQ n_i 의 프레셋 개수
Table 1. Preset number of Weldon's ARQ n_i

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Data1	1	4	4	5	5	6	6	7	7	8
Data2	1	1	2	3	4	-	-	-	-	-

지 소비, λ_2, H 홉의 통신링크의 에너지 소비를 나타낸다. 그림4, 그림5는 첫번째 홉거리가 10cm에서 3m 사이에서 운영되고 두번째 홉의 거리가 40cm로 일정한 경우의 성능 결과를 보여준다. 제안된 방법은 데이터1의 PER을 향상시킬 수 있고 데이터2의 에너지 효율 및 전송 횟수를 향상됨을 알 수 있다.

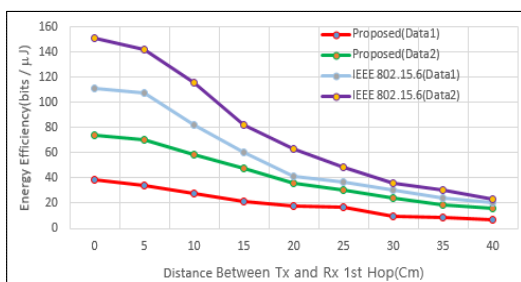


그림 4 상수 d_{2nd} 에서 에너지 효율
Fig. 4. Energy efficiency with constant d_{2nd}

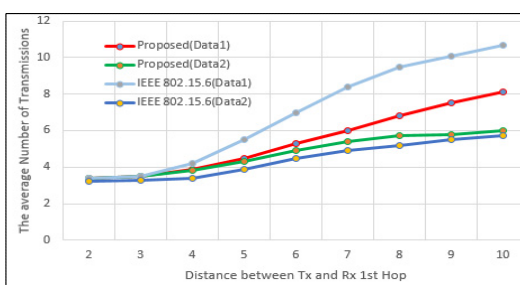


그림 5. 상수 d_{2nd} 에서 평균전송횟수.
Fig. 5. Average number of transmission with constant d_{2nd} .

V. 결론

본 논문에서는 평균전송횟수 및 에너지 효율성을 고려한 제안된 에러교정기법과 IEEE 802.15.6를 비교 평가하였다. 제안된 방법은 전송 횟수 및 에너지

효율면에서 IEEE 802.15.6 표준시스템보다 우수함을 알 수 있다. 코딩 레이트는 2홉으로 확장한 경우인 $d_{1st} = d_{2nd}$ 가 되었을 때 성능이 최적이 되는 것으로 나타났다. 또한 데이터1의 PDFR을 향상시킬 수 있고 데이터2의 에너지 효율 및 전송 횟수가 향상됨을 알 수 있다. 이러한 결과는 WBAN을 설계 할 때 노드와 허브를 연결하는 토폴로지의 배열에 대한 최적화에 크게 기여할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 “2019년도 송원대학교 학술연구비지원”을 받아 수행되었음.

References.

- [1] J. Lee and I Kim, “Energy-efficient Channel Allocation MAC for Wearable WBANs,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 11, 2016, pp. 1135-1140.
- [2] J. Lee, “A Fair Contention Channel Assignment Scheme for Emergency data - First-Priority MAC in WBAN,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 5, Oct. 2018. pp. 995-1002.
- [3] S. Movassaghi, M. Abolhasan, J. Lipman, D. Smith, and A. Jamalipour, “A Wireless Body Area Networks:A Survey,” *IEEE Commun. Surv. Tutor.* vol. 14, no 3,2014, pp. 1658 - 1686.
- [4] K. Takabayashi, H. Tanaka, C. Sugimoto, and R. Kohno, “Multiplexing and Error Control Scheme for Body Area Network employing IEEE 802.15.6,” *IEICE Trans. Commun.* vol. 6, no.2, 2014, pp. 564 - 570.
- [5] K. Takabayashi, H. Tanaka, C. Sugimoto, and R. Kohno, “Performance Analysis of Multiplexing and Error Control Scheme for Body Area Networks,” *EURASIP J. Wirel. Commun. Netw.*, vol 8., no.3, 2016, pp. 1 - 16.

- [6] K. Takabayashi, H. Karvonen, T. Paso, H. Tanaka, C. Sugimoto, and R. Kohno, "Performance Evaluation of a QoS-aware Error Control Scheme for Multiple-WBAN Environment," *IEEE Trans. Electr. Electron. Eng.*, vol. 14, no. 3, 2017, pp. 146 - 157.
- [7] S. Ullah, M. Mohaisen, M. Alnuem, A. Khurram, and M. Khan, "A Review of IEEE 802.15.6 MAC, PHY, and Security Specifications," *Int. J. Distrib. Sens. Netw.*, vol. 12, no. 2, 2013, pp. 98-102.
- [8] S. Movassaghi, M. Abolhasan, J. Lipman, D. Smith, and A. Jamalipour, "A Wireless Body Area Networks: A Survey," *IEEE Commun. Surv. Tutor.*, vol. 15, no. 1, 2014, pp. 1658 - 1686.
- [9] O. Delgado-Mohatar, A. Fúster-Sabater, and J. M. Sierra, "A Light-Weight Authentication Scheme for Wireless Sensor Networks," *Ad Hoc Netw.*, vol. 8, no. 2, 2011 pp. 727 - 735.
- [10] Z. Zhang, H. Wang, A.V. Vasilakos, and H. Fang, "ECG-Cryptography and Authentication in Body Area Networks," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 13, no. 2, 2012, pp. 1070 - 1078.
- [11] J. Wang, K. Han, A. Alexandridis, Z. Zilic, Y. Pang, and J. Lin, "An ASIC Implementation Security Scheme for Body Area Networks," In *Proceedings of the 2018 IEEE International Symposium on Circuits and Systems(ISCAS)*, Florence, Italy, May 2018, pp. 1-5.
- [12] Y. Kamiya, *Digital Wireless Communication Technologies with MATLAB*. Tokyo: Corona Publishing Co., Ltd, 2008; pp. 168 - 169.

저자 소개



이정재(Jung-Jae Lee)

1986년 조선대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

1989년 조선대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(공학석사)

1997년 조선대학교대학원 전산통계학과 졸업 (이학박사)

1997년 송원대학교 컴퓨터정보학과 전임강사
현재 송원대학교 컴퓨터정보학과 부교수

※ 관심분야 : 의료빅데이터, WBAN헬스케어, 인공지능