

WBAN 게이트웨이 설계 및 구현

준회원 정 필 성*, 종신회원 윤 찬 영**, 정회원 오 영 환*

Design and Implementation of Wireless Body Area Network Gateway

Pil-Seong Jeong* *Associate Member*, Chan-Young Yun** *Lifelong Member*,
Young-Hwan Oh* *Regular Member*

요 약

WBAN(Wireless Body Area Network) 기술은 인체 내부 및 외부에 부착한 디바이스들을 무선으로 연결하여 통신할 수 있는 근거리 무선 통신 기술로서 IEEE 802.15.6 TG BAN을 중심으로 물리 계층, 데이터 링크 계층, 네트워크 계층 및 응용 계층 등에서 표준화가 진행되고 있다. WBAN 환경을 지원하기 위해서는 센서 노드 디바이스 뿐만 아니라 WBAN 미들웨어 및 WBAN 응용 서비스 등의 WBAN 핵심 기술의 개발이 필요하다. 본 논문에서 WBAN 환경을 지원하기 위해서 기존의 WSN 미들웨어 및 게이트웨이의 구조를 분석하여 WBAN 응용 서비스 시스템과 센서 노드 디바이스의 중간 부분에 위치하며 시스템의 통합을 지원하기 위한 WBAN 게이트웨이를 설계 및 구현하였다.

Key Words : WBAN, Wireless Body Area Network, Gateway, Middleware, 802.15.6

ABSTRACT

The WBAN technology means a short distance wireless network which provides each device's interactive communication by connecting devices inside and outside of body located within 3 meters. Standardization on the physical layer, data link layer, network layer and application layer is in progress by IEEE 802.15.6 TG BAN. It is necessary to develop the WBAN core technology that sensor node device, WBAN middleware and WBAN application service for WBAN environment. We analyzed WBAN middleware and gateway system architecture to design and implement WBAN gateway that is in the middle of WBAN application service system and sensor node devices to support u-healthcare system.

1. 서 론

최근 정보통신 기술의 발전에 따라 유비쿼터스 환경을 기반으로 하는 응용 서비스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 고령화 사회의 대비와 복지 실현을 위해 무선 기술과 의료기술을 접목하여 인간의 건강을 효과적으로 유지하려는 요구가 증가함에 따라 지속적으로 원격에서 건강 상태를 검진하여 질병을 방지하거나 만성적인 환자의 건강 상태를 장기

적으로 관찰할 수 있는 새로운 기술인 u-Healthcare에 대한 관심이 높아지고 있다.^{1,2)}

WBAN(Wireless Body Area Network) 환경에 적합한 게이트웨이를 설계하기 위해서는 데이터의 무선 실을 지원하기 위해 무선 및 유선망을 모두 지원하며 기본적으로는 환자의 활동성을 보장하기 위해 무선을 사용하지만 비상시를 위하여 유선망을 별도로 지원하도록 설계되어야 한다. 또한 짧은 주기와 짧은 전파 전송거리를 가지는 WBAN 데이터의 신뢰도를 보장

* 광운대학교 전자통신공학과 통신망연구실(sung3ne@naver.com), ** 계원디자인예술대학 디지털콘텐츠과(cksdud@kaywon.ac.kr)
논문번호: 10029-0511, 접수일자: 2010년 5월 11일

하기 위해서는 네트워크를 구성하는 PAN(Personal Area Network) 코디네이터와 디바이스의 수를 제한해야 한다. 환자의 이동성을 보장하기 위해서는 기존의 범용적인 WSN 게이트웨이 구조를 사용하기 보다는 최소한의 기능만으로 구성하여야 하며 소형화를 목적으로 하는 임베디드 시스템을 기반으로 필요한 기능을 바탕으로 설계 되어야 한다.^[3-5]

본 논문에서는 기존의 WSN(Wireless Sensor Network) 게이트웨이를 기반으로 WBAN 환경에 맞게 게이트웨이를 설계 및 구현 하였다. 센서 디바이스로는 한백전자에서 출시된 ZigBeX를 사용하였으며 설계된 게이트웨이를 구현하기 위해 적용된 플랫폼은 Empos-II를 사용하였으며 제안한 WBAN 게이트웨이를 통하여 다른 시스템과 연동이 가능함을 확인하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 게이트웨이 관련 이론에 관하여 알아보고, 3장에서는 WBAN 환경을 위한 게이트웨이 구현을 위해 디바이스 및 게이트웨이 구조에 대해서 알아본다. 4장에서는 게이트웨이를 위한 시스템 및 게이트웨이 구현에 대해서 알아본다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향으로 끝을 맺고자 한다.

II. 관련 이론

2.1 WBAN 응용 서비스

2.1.1 심전도(ECG)

심전도는 심장의 수축에 따르는 활동전위의 시간적 변화를 그래프에 기록한 도면으로서 심근이 흥분되면 막의 탈분극이 생기고 250~300ms 동안 계속해서 재분극했다가 원래의 정지전위로 돌아온다. 심전도의 채널수는 필요에 따라 1개 채널부터 최대 12개 채널로 측정한다. 각각의 채널은 250Hz로 샘플링하며 샘플 당 12비트로 표기한다. 아래와 같이 측정 데이터는 압축하는 경우 프로토콜 오버 헤드를 포함하여 50kbps, 압축하지 않은 경우에는 2kbps가 된다.

- 12 channel ECG(raw streaming)
 - 250Hz sampling rate
 - 12bits/sample
 - 3kbps per channel
 - 6kbps total
 - 50kbps with small protocol overhead
- 12-channel ECG(compressed example. References required)

- 250Hz sampling rate
- 12bits/sample
- 2kbps total

2.1.2 인공심박조율기(Pacemaker)

인공심박조율기는 심장 박동 조절에 문제가 있는 환자에게 심장이 정상적으로 뛰도록 해주는 장치로서 쇄골 밑의 피하조직이나 근육 속에 이식된다. 인공심박조율기는 내부 전원으로 배터리를 사용하므로 한번 이식되면 7~10년 정도 사용된다. 배터리가 소진되면 다시 수술해야 하므로 장비가격보다 수술에 따른 시간적, 경제적 비용이 더 많이 요구된다. 인공심박조율기는 433MHz와 915MHz의 ISM 대역을 사용하거나 402~405MHz MICS 대역을 사용하여 외부에서 심장 리듬 신호와 배터리 레벨 등을 측정한다.

2.1.3 무선 내시경(Wireless Capsule Endoscope)

무선 내시경은 알약 크기의 캡슐로서 사람이 삼키면 캡슐이 소화기관 내 사진을 비디오 카메라로 촬영하여 외부로 전송하는 이식형 장치이다. 현재 무선 내시경은 빛을 비추는 광원부, 비디오 카메라부, 데이터를 전달하는 RF 송신부, 전원부로 구성된다. RF 송수신부는 비디오 카메라에 잡힌 영상을 전송하고 반대로 외부로부터 제어 신호를 수신하여 무선 내시경을 제어하는 기능을 한다. 무선 내시경의 영상 데이터는 SD, HD급으로 아래와 같다.

- High Definition(HD) Example:
 - Resolution: 720i(1280×720)
 - Max frame rate: 30fps
 - Compression rate: 1/80
 - Data rate: 8.25Mbps
- Standard Definition(SD) Example:
 - Resolution: 640×480
 - Max frame rate: 30fps
 - Compression rate: 1/80
 - Data rate: 2.8bps
- Control data
 - Command length(typical): 128bits
 - QoS: low latency of less than 50ms
 - Operation time: 8 or more hours
 - Number of devices: 2 or more devices for realizing a diversity reception
 - Safety: SAR and coexistence with other radio systems

2.1.4 엔터테인먼트

최근 다양한 형태의 착용형 컴퓨팅 장치가 개발됨에 따라 개인을 중심으로 하는 MP3 플레이어, 오디오 및 비디오 스트리밍, 게임 등 엔터테인먼트 서비스 분야가 활성화 될 것으로 기대된다.

또한, WBAN 기술은 인체 주변의 컴퓨팅 장치와 다양한 센서를 활용하여 가상현실 응용과 인간의 오감을 능가하는 증강 감각 등 게임이나 엔터테인먼트 서비스를 제공한다.

- Real-time audio/video streaming applications
- Portable 3D and virtual world applications
- Wearable computer and new HCI devices
- Beyond five senses - augmented senses

2.2 게이트웨이의 기능 및 구조

게이트웨이(Gateway)는 서로 다른 통신규약을 사용하는 네트워크들을 상호 연결하기 위하여 자신의 통신규약을 상대방의 통신규약으로 전환해 주는 역할을 하여 서로 다른 기종의 네트워크를 연결시키는 장비이다. OSI 참조 모델의 모든 계층을 포함하여 동작하는 네트워크 장비로서 두 개의 완전히 다른 네트워크 사이의 데이터 형식을 변환하는 기능을 수행한다.

센서 네트워크 게이트웨이는 사용자가 원할 때 언제 어디서나 IP 네트워크를 통하여 센서 네트워크에 접속하여 센서 네트워크의 모니터링 및 관리 기능을 제공하기 위한 것으로, 센서 네트워크와 IP 네트워크와의 연동을 위해 사용된다. 센서 네트워크와 IP 네트워크와의 연동 모델은 그림 2와 같이 센서 네트워크 기술, 이중망 연동 지원 게이트웨이 시스템, 게이트웨이의 이중망 지원 프로토콜, 센서 네트워크 관리 서비스 기술로 구성되어 있다.

TTA 표준에서 정의하는 게이트웨이는 ZigBee, 6LowPAN, TinyOS 기반의 센서 네트워크를 IP 기반의 망과 연동해준다. 그림 3은 게이트웨이를 통한 연동 시나리오를 개괄적으로 보여준다. 그림 3에서 센서

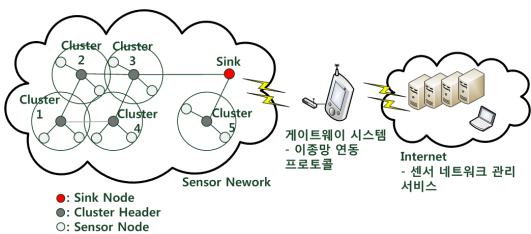


그림 1. 이중망 연동 모델

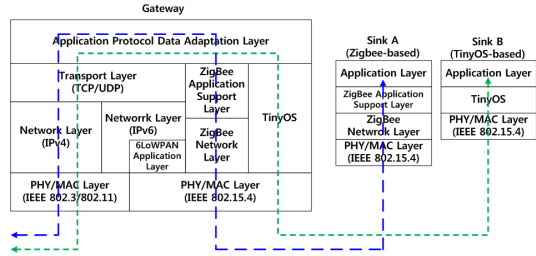


그림 2. 센서 네트워크 게이트웨이 구조

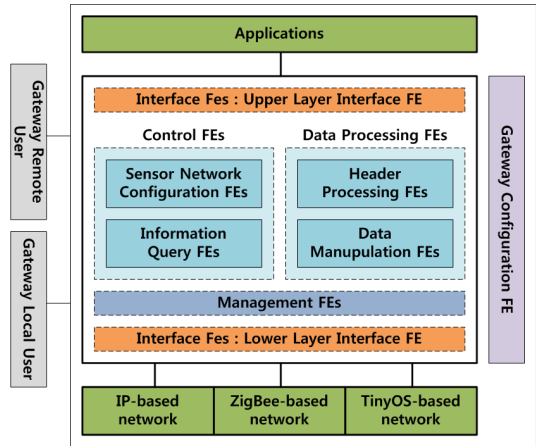


그림 3. APDAL 기능 블록도

네트워크는 싱크 노드를 통하여 게이트웨이에 연결된다고 가정한다. 6LowPAN 기반 센서 네트워크의 경우 IPv6를 네트워크 계층 프로토콜로 사용하기 때문에 게이트웨이는 IPv6를 IPv4로 또는 IPv4를 IPv6로 변환해주는 기능을 제공해준다.

ZigBee와 TinyOS 기반 센서 네트워크의 경우, TCP/IP 인터넷 프로토콜 스택의 물리 계층부터 트랜스포트 계층까지 매핑이 되지 않기 때문에 게이트웨이는 센서 네트워크의 메시지를 역캡슐화(decapsulation)해서 응용 계층 데이터를 추출해낸 후 인터넷 프로토콜 스택을 통해 인터넷 상으로 전달될 수 있어야 한다. 따라서 ZigBee, TinyOS 기반의 센서 네트워크와 IP 기반의 네트워크를 연동해주기 위해 트랜스포트 계층 위에 APDAL (Application Protocol Data Adaptation Layer)이란 적응 계층을 정의한다.

APDAL의 기능 엔티티들은 크게 Management FE 들과 Control FE들, Data Processing FE들, Interface FE들로 나누어진다. 그림 2-23은 APDAL의 기능 블록도를 나타낸다. Management FE들은 관리 기능, Control FE들은 연동을 위해 제어 정보를 주고받는 기능을 Data Processing FE들은 센서 네트워크로부터

의 데이터를 IP 기반 네트워크 혹은 타 센서 네트워크로 전달해주는 역할을 하며 Interface FE들은 APDAL이 상위 응용 계층 및 하위 특정 네트워크와의 인터페이스기능을 수행한다.

III. WBAN 게이트웨이 설계 및 구현

WBAN 환경에서는 전자파가 병원 장비 및 인체에 미치는 영향을 고려하여 WSN 환경에 비해 최대 3m에서 5m의 짧은 전파 전송거리를 가진다. 또한 이벤트가 발생하였을 경우에 데이터를 전송하거나 비교적 긴 주기를 가지며 측정 데이터를 전송하는 WSN 환경에 비하여 WBAN 환경에서는 매우 짧은 주기를 가지는 주기적인 신호뿐만 아니라 응급 상황에 대한 정보를 전달하기 위한 비주기적인 메시지를 전달하는 두 가지 방법을 사용한다. 또한 측정 데이터의 신뢰성 및 QoS를 보장하기 위한 방법으로 생체 데이터를 측정하여 전송하는 디바이스의 수를 적은 수로 제한하고 있기 때문에 기존의 WSN 환경에 적용되고 있는 기술을 WBAN 게이트웨이와 WBAN을 구성하는 BNC와 BN에 직접 적용하기에는 적합하지 않다. WBAN 게이트웨이는 기본적으로는 환자의 활동성을 보장하기 위한 무선을 사용하지만 데이터의 무손실을 위하여 유선망을 별도로 지원하도록 설계되어야 한다. 짧은 주기와 짧은 전파 전송거리를 가지는 WBAN 데이터의 신뢰도를 보장하기 위해서는 기존의 범용적인 WSN 게이트웨이 구조를 사용하기 보다는 최소한의 기능만으로 구성되어 소형화를 목적으로 하는 게이트웨이를 설계해야 한다.

3.1 WBAN 게이트웨이 구조

제안하는 WBAN 기반의 게이트웨이의 구조는 그림 4와 같다.

BAN Coordinator Interface는 WBAN 기반의 네트워크와 연결하기 위한 계층으로 TinyOS 기반으로 동작하는 WBAN 네트워크의 BNC와 연동을 담당한다.

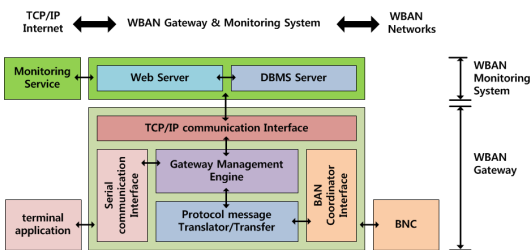


그림 4. WBAN 게이트웨이 구조

바이오 모듈을 통해 측정된 생체 데이터를 BN이 BNC에 전달하게 되면 BNC는 시리얼 통신 패킷 포맷인 message_t 구조체 형태로 게이트웨이에 전달하게 된다.

BAN Coordinator Interface로 들어온 생체 데이터는 Gateway Management Engine을 통해 TCP/IP 네트워크와 연동하기 위한 프로토콜로 변환되며, TCP/IP Communication Interface를 통해 TCP/IP 네트워크에 연결되어 있는 데이터베이스 서버에 데이터를 저장한다. Serial Communication Interface는 게이트웨이의 상태 및 Gateway Management Engine에 의해 변환된 형태의 생체 데이터를 모니터링하기 위한 기능을 담당한다. 게이트웨이의 모든 과정은 Gateway Management Engine을 통하여 이루어지고 구체적인 역할은 표 1과 같다.

표 1. 게이트웨이 매니지먼트 엔진의 기능

구분	기능
TCP/IP Communication Interface	· 변환된 생체 데이터를 데이터베이스 서버에 전송
Serial Communication Interface	· 콘솔을 통한 게이트웨이 제어 기능
BAN Coordinator Interface	· BNC에 전달된 생체 데이터를 게이트웨이에 전달하는 기능
Gateway Management Engine	· 게이트웨이의 상태 모니터링 · 변환된 생체 데이터 모니터링
Protocol message Translator/Transfer	· WBAN Protocol을 TCP/IP Protocol에 맞게 변환

3.2 WBAN 게이트웨이 구현 환경

WBAN 환경을 위한 게이트웨이 설계 및 구현을 위하여 (주)한백전자의 TinyOS 기반의 HBE-Ubi-ZigBex를 사용하였다.

구현된 시스템은 개발을 위하여 TinyOS 기반으로 동작하는 WBAN 코디네이터 및 디바이스에서 생체 데이터를 받아오기 위해 NesC를 사용하여 프로그램 하였으며 WBAN 코디네이터와 WBAN 게이트웨이와의 통신을 위하여 RS-232 시리얼 통신 프로그램을 이용하여 생체 데이터를 파싱(parsing)하여 프로그램 하였다. 표 3은 WBAN 게이트웨이로써 동작하는 HBE-Empos II의 환경 및 장비의 특징이다.

표 2. HBE-Ubi-Zigbex 환경 및 장비의 특징

항목	사양
Micro Controller	· ATmega128(program 128KByte RAM 4KByte EEPROM 4KByte AD 10bit 8ch)
RF part	· CC2420 2.4GHz(IEEE 802.15.4 PHY) · ZigBee/IEEE 802.15.4 Protocol
Security	· DSSS
Transfer Rate	· Maximum 250Kbps
TinyOS	· Non-preemptive thread OS · Low Power Management · Ad-hoc routing application · NesC compact code size
개발환경	· NesC compiler · GNU AVR gcc compiler · ISP downloader

표 3. HBE-Empos II 환경 및 장비의 특징

항목	사양
CPU	· Marvell PXA255(400MHz)
Memory	· Flash Memory : Intel StrataFlash 32MByte · SDRAM : 128MByte (32bit Access) · SDRAM : 1MByte (256Mbit 4EA)
Serial	· Full Function UART 1 Slot · Bluetooth UART 1 Slot
RTC	· Epson RTC4513 Real Time Clock Module
TouchScreen	· Burr Brown ADS7836
System OS	· Embedded Linux 2.4.19
Program Language	· GNU Cross-Compiler
DBMS	· PostSQL 8.3.6
HTTPD	· GoAhead WebServer 2.1.8

3.3 WBAN 게이트웨이 구현 환경

WBAN 디바이스로부터 생체 데이터를 측정하기 위해서 NesC(Network embedded system C) 언어를 사용하며 IEEE 802.15.4 기반의 ZigBee 메시지 구조와 각각 옵션 모듈에 맞는 메시지 구조를 갖도록 구현하였다.

그림 5는 ZigBeX 디바이스는 ATmel사의

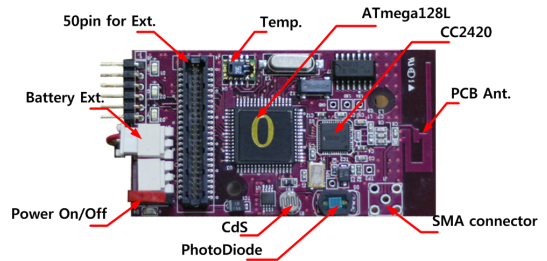


그림 5. ZigBeX 디바이스 구조

ATmega128L과 Chipcon사의 2.4GHz RF-IC CC2420을 적용한 코디네이터 및 디바이스이다. ZigbeX에서 데이터 통신에 사용하는 RF Transceiver/Receiver 안테나(Antenna)는 PCB 안테나를 기본으로 사용하며 사용자 선택에 따라 Dipole 안테나를 이용할 수 있다.

그림 6은 생체 데이터 측정을 위해 사용된 바이오 모듈이다. 생체 데이터 측정을 위해서 그림 5에서 보여주고 있는 ZigbeX 디바이스에 각각 심전도(ECG, Electrocardiogram), 혈압(Blood Pressure), 산소포화도(SpO2)를 측정하기 위한 바이오 모듈을 연동하여



그림 6. 바이오 모듈

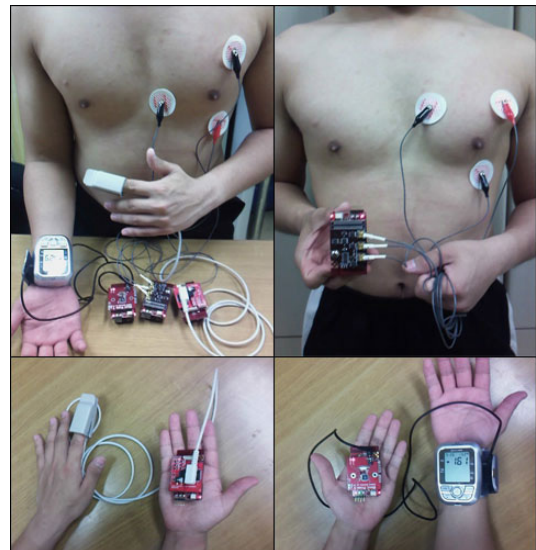


그림 7. 바이오 모듈을 몸에 부착하여 생체 데이터를 측정하는 모습

사용하였다.

그림 7은 디바이스로부터 생체 데이터를 측정하기 위해 실제 몸에 심전도(ECG, Electrocardiogram), 혈압(Blood Pressure), 산소포화도(SpO2)를 측정하기 위한 바이오 모듈을 연동하여 데이터를 측정하는 과정이다.

3.4 WBAN 게이트웨이 메시지

WBAN 메시지는 그림 8과 같은 구조를 가지며 TinyOS 메시지의 TOSH_DATA와 같은 애플리케이션 메시지를 포함한다.

TOSH_DATA_LENGTH는 바이오 모듈을 통해 측정되는 생체 데이터와 확장을 고려하여 기본값인 28바이트를 IEEE 802.15.4에서 최대 확장할 수 있는 프레임의 크기를 고려하여 108Byte로 수정하였다. 즉

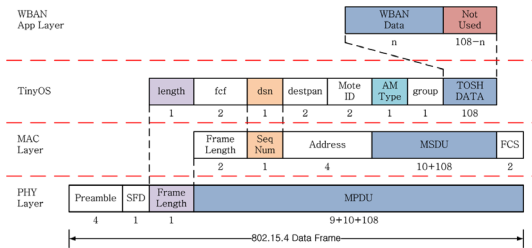


그림 8. WBAN 프로토콜 스택

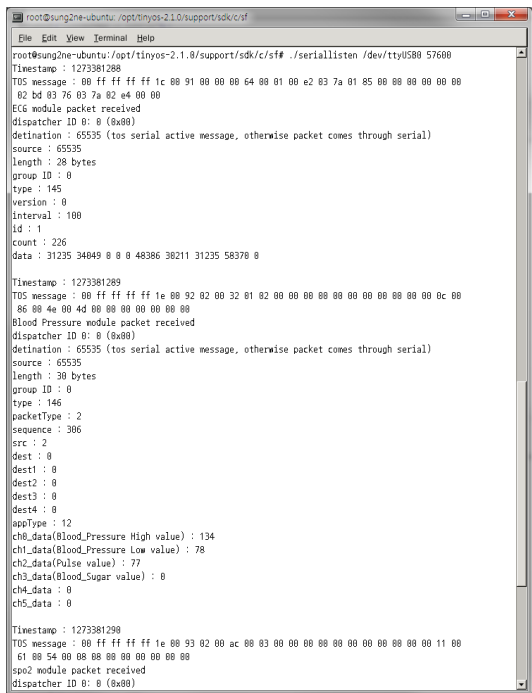


그림 9. 생체 데이터 모니터링

정되어 들어오는 생체 데이터의 종류를 구분하기 위해서 AM type 필드를 이용하여 데이터의 종류 및 데이터 값을 처리하였다. WBAN 게이트웨이를 통해 파싱된 데이터는 시리얼 헤더 부분과 TinyOS Payload 데이터 부분으로 나누어서 파싱하였다. BN로부터 생체 데이터를 받은 BNC와 시리얼로 통신하는 WBAN 게이트웨이는 생체 데이터를 분석하여 DBMS에 저장하게 된다.

그림 9는 WBAN 게이트웨이가 분석한 생체 데이터를 파싱하여 모니터링 하는 화면이다. 기본적으로 모든 메시지는 바이너리(Binary) 형식으로 송수신 하며 2바이트 이상 크기를 가지는 필드를 송신할 때는 데이터에서 가장 낮은 자리 맨 오른쪽 비트인 LSB(Least Significant Bit)를 송신한다.

3.5 WBAN 메시지 프로토콜

WBAN 게이트웨이와 BNC 및 BN의 통신을 위해 송수신 하는 프로토콜은 그림 10과 같다.

WBAN 게이트웨이와 BNC 및 BN의 통신을 위해 송수신 하는 메시지 프로토콜에 관련된 설명은 표 4와 같다.

표 4. WBAN 메시지 프로토콜

프로토콜	설명
Coordinator Int. Req	WBAN 게이트웨이가 코디네이터에게 연결 및 통신의 시작을 요청하는 메시지
Coordinator Int. Res	코디네이터가 WBAN 게이트웨이에게 연결 후 통신의 시작을 알리는 응답 메시지
N/W Info. Req	코디네이터가 주위의 디바이스들에게 네트워크 연결을 요청하는 메시지
N/W Info. Res	코디네이터로부터 메시지를 받은 주위 디바이스들이 네트워크를 구성하기 위해 응답하는 메시지
RTC Info. Req	RTC 초기화를 위한 메시지
RTC Info. Res	RTC 정보를 전달하기 위한 메시지
Conf. Req	각 디바이스들을 설정하도록 알려주기 위한 메시지
Conf. Res	각 디바이스별 설정된 정보를 알려주기 위한 메시지
Health Check	주기적으로 코디네이터와 디바이스간의 연결 상태를 확인하기 위한 메시지
Event Message	디바이스가 수집한 생체 데이터를 주기적으로 코디네이터에게 전송하기 위한 메시지

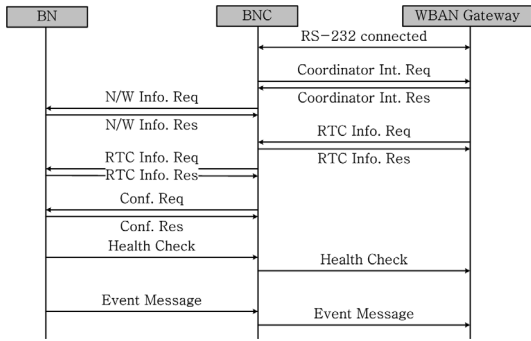


그림 10. WBAN 메시지 프로토콜 흐름도

IV. 결 론

WLAN, WPAN 기술에 이어 최근에는 인체영역에서의 의료용/비의료용 통신을 위한 무선 기술인 WBAN 기술이 주목을 받고 있다. 본 논문에서 WBAN 환경을 지원하기 위해서 기존의 WSN 미들웨어 및 게이트웨이의 구조를 분석하여 WBAN 응용 서비스 시스템과 센서 노드 디바이스의 중간 부분에 위치하며 시스템의 통합을 지원하기 위한 WBAN 게이트웨이를 설계 및 구현하였다. 구현된 시스템은 WBAN 게이트웨이 매니지먼트 엔진을 사용하여 BN 으로부터 들어온 환자의 생체 정보를 좀더 효율적으로 통합 관리 될 수 있도록 설계하였다.

본 논문에서 구현된 WBAN 게이트웨이는 u-Healthcare 분야의 작은 부분으로써 향후 WBAN을 위한 MAC 프로토콜 및 건강 관리 모니터링 시스템을 통하여 모바일 장치와 웹서비스를 연동하여 다양한 환경 요소를 가지고 있는 실제적인 상황에서 적용하였을 때의 성능을 비교 평가해 보는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 엄은용, 문승진, “바이오센서를 이용한 리눅스 기반의 실시간 건강관리 모니터링 시스템 : 구조 설계 및 구현”, 한국인터넷정보학회 학술발표대회 논문집, 제8권, 제22호, pp.327-331, 2007
- [2] 김정원, “센서네트워크를 이용한 심전도 측정 시스템의 설계 및 구현”, 한국콘텐츠학회논문지, 제8권, 제1호, pp.186-194, 2008
- [3] 남홍순, 이형수, 김재영, “WBAN 응용서비스 동향”, 전자통신동향분석, 제24권, 제5호 2009
- [4] 박연희, 이병문, “Zigbee기반의 심전도센서를 이용한 맥박측정시스템의 프로토타입”, 한국인터넷

정보학회 학술발표대회 논문집, 제9권, 제2호, pp.251-255, 2006

- [5] 장병준, 최선용, “Wireless Body Area Network 기술 동향”, 한국전자과학회 학술저널, 제19권 제3호, pp.35-46, 2008
- [6] 이형수, “Medical BAN 기술 동향”, 한국전자과학회 학술저널, pp.104-109, 2008
- [7] 김민수, 김광수, 이용준, “USN미들웨어의 특징 및 기술개발 동향”, 정보통신연구진흥원 학술정보, 주간기술동향 1284호, 2007
- [8] 이상윤, 윤양문, “WBAN 표준화 및 의료 서비스 용 주파수 분배 동향”, 한국전자과학회 학술저널, 제20권, 제5호, pp.75-81, 2009
- [9] 한국전산원, “USN 기술 동향 분석 연구”, 정보통신연구진흥원 학술기사, 2005
- [10] 유상근, 안상현, 임유진, 김용운, “이기종 센서 네트워크간의 연동을 위한 센서 네트워크 구조”, 한국정보과학회 정보과학회지, 제25권, 제12호, pp.66-73, 2007

정 필 성 (Pil-Seong Jeong)

준회원



2004년 2월 서울산업대 학교
전자정보공학과
2007년 8월 광운대학교 전자
통신공학과 석사
2007년 9월~현재 광운대 학교
전자통신공학과 박사과정

<관심분야> 센서네트워크, 임베디드 시스템, USN

윤 찬 영 (Chan-Young Yun)

종신회원

한국통신학회논문지 제33권 제2호 참조

오 영 환 (Young-Hwan Oh)

정회원

한국통신학회논문지 제32권 제12호 참조