

# WMTS 무선통신 모듈을 이용한 맥파의 주기검출 및 감성평가 시스템 개발

## Development of WMTS Module Based Pulse Rate Period Detection and Human Sensibility Evaluation System

이 현 민<sup>†</sup> · 김 동 준\* · 전 기 만\*\* · 손 재 기\*\*  
(Hyun-Min Lee · Dong-Jun Kim · Ki-Man Jeon · Jae-Gi Son)

**Abstract** - In this study we present a system for pulse-rate period detection and human sensibility evaluation based on the wireless medical telemetry service (WMTS) used for transmission of data from medical telemetry devices to various medical facilities and services. We develop a medical-purpose specific WMTS communication module to transmit biometric signals. From the pulse rate variability (PRV) signal, we attempt to classify positive and negative emotional states based on analysis of the ratio of LF/HF in the frequency domain. We measure the data reception rate according to distance in order to test the performance of the WMTS module and analyze the effects on human sensibility evaluation.

**Key Words** : PPG, Pulse rate period detection, WMTS, Human sensibility evaluation

### 1. 서 론

높은 수준의 기술과 의학의 발달은 사람들의 건강관리에 대한 관심을 증대시켰고, 고령화 사회의 진입으로 인한 노인 인구의 증가와 더불어 의료 서비스에 대한 수요를 급증하게 만들었다. 이에 따라, 주기적으로 병원에 왕래하기가 불편한 환자나 노인들뿐만 아니라 평소 자신의 건강에 관심이 많은 일반인들까지도 편리하게 자택에서 자신의 건강을 관리하고자 하는 욕구가 증가하고 있으며, 정신적인 외로움, 우울증과 같은 정서적 질환 및 감성적 케어에 대한 관심으로까지 확대되고 있는 추세이다. 이는 종래의 기능 중심의 제품 개발보다는 사용자의 편의성과 감성 기능을 고려한 제품의 개발이 불가피하게 되었음을 암시하며, 최근 초고속 인터넷 접속 서비스를 통해 가정과 병원간의 통신이 가능하게 되면서 e-Health에 관련된 의료기기들의 등장과 u-Health 응용분야를 인간 중심의 제품 및 환경 설계를 연구하기 위한 감성공학에 접목시킨 연구들이 활발하게 진행되고 있는 상황들이 이러한 사실을 뒷받침 해주고 있다[1]. 특히, u-Health와 관련된 의료기기들은 눈부신 발달을 지속하고 있으며, 이들은 모두 통신기술의 발달로 가능해진 것으로, 무선통신을 기반으로 하는 헬스케어는 e-Health와 u-Health의 핵심이 되고 있다.

심박주기는 태아, 환자, 노인들의 질병감시 및 측정과 같이 임상에서 뿐만 아니라 감성공학 및 u-Health 분야의 응용에서도 중요한 신호로 사용되고 있기 때문에 다양한 주기 검출 방법들이 심박주기 검출에 사용되고 있다. 특히, 심박 변이도(HRV)는 심박주기의 연속적인 변화들을 순차적으로 연결하여 일련의 데이터로 만든 신호이며, 자율신경계의 상태를 측정하기 위한 비침습성의 도구로써, 특수한 생리학적 요소와 주파수 스펙트럼간의 일치성을 보인다[2]. HRV를 검출하는데 사용되는 생체신호로는 주로 심전도(ECG)가 사용되고 있는데, 이는 심전도가 측정 부담감을 최소화하여 공학적 응용의 의미를 높일 수 있는 방법으로 손이나 발에서 측정 가능한 자율신경계 반응을 사용하기 때문이다. 그러나 심전도를 이용한 측정은 정확성을 보장받을 수 있는 장점이 있지만, 여러 신체 부위에 측정 전극을 부착해야 하는 번거로움이 있기 때문에 감성의 제품 개발의 측면에서 보다 소형화되고 간편함을 추구하는 소비자의 욕구를 충족시키기에는 어려움이 따른다[3]. 이에 비해 맥파(PPG)는 심장의 수축·확장과 동시에 발생하는 말초 정·동맥계의 박동 현상을 그래프로 나타낸 것으로써, 심전도와 같이 자율신경계를 통해 생리적 반응을 측정하는 신호이지만, 손가락에 전극 하나만 부착시키면 되기 때문에 상대적으로 신호의 측정이 간편하다는 장점을 가지고 있다[3]. 따라서 현재 HRV와 더불어 맥박주기의 연속적인 변화를 나타낸 맥박변이도(PRV)를 이용한 u-Health 분야에서의 응용이 활발히 논의 중에 있다[4].

이에 본 논문에서는 의료용으로 사용되고 있는 주파수 대역인 Wireless Medical Telemetry Service(WMTS)를 기반으로 하여 맥파를 측정하고, 맥박주기의 검출을 통해 인간의 감성을 평가하여 병원이나 각종 의료 서비스 기관에 전송할 수 있는 WMTS 무선통신 모듈을 이용한 맥파의 주기검출 및 감성평가 시스템을 개발하고자 하였다. 이를 위하여 의

\* Dept. of Electronics and Information Engineering, Cheongju University, Korea.

\*\* Medical IT Convergence Research Center, Korea Electronics Technology Institute.

† Corresponding Author : Dept. of Electronics and Information Engineering, Cheongju University, Korea.

E-mail : ifurita2x@hanmail.net

Received : April 23, 2013; Accepted : May 22, 2013

료전용 WMTS 생체신호 전송 모듈을 설계하고, 수집된 맥파로부터 PRV를 추출하여 주파수 영역에서의 저주파 성분(LF)과 고주파 성분(HF)의 비율을 통한 부정적 상태와 긍정적 상태를 구분하고자 하였다. 또한, 개발한 WMTS 모듈의 성능을 테스트하기 위해 거리에 따른 데이터 송·수신률을 측정하여 WMTS의 성능이 감성평가에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

2. WMTS 기반의 무선통신 시스템 설계

2.1 WMTS 통신 모듈 설계

의료용으로 사용되고 있는 무선 주파수 대역에는 WMTS 대역, Medical Implant Communications Service(MICS) 대역 그리고 Industrial, Scientific, and Medical(ISM) 대역 등이 있으며, 이 중에서 WMTS 대역은 미국병원협회(AHA)와 연방통신위원회(FCC)에서 2년여의 작업을 통해 병원전용의 무선주파수대역으로 14 MHz를 할당하였고, 2000년 6월 이를 혼령으로 제정하였다. 연방통신위원회는 WMTS란 양방향 또는 단방향으로 방송하는 전자기신호를 통해 생체신호 및 환자관련정보를 측정하고 기록하는 것으로 정의하고 있으며, 각 주파수 대역별 정해진 측정거리, 대역폭 및 특정검출방식에서의 전기장 세기의 최대를 표 1과 같이 제한하였다. 현재 608-614 MHz의 6 MHz대역이 병원에서 주로 사용되고 있으며, 이를 지원하는 의료기들이 시판되고 있다[1].

표 1 WMTS 송신 전파 제한

Table 1 WMTS transmission limitations

주파수 대역	전기장 최대치	측정거리	측정 대역폭
608-614 MHz	200 mV/m	3 m	120±20 kHz
1395-1400 MHz	740 mV/m	3 m	1 MHz
1429-1432 MHz	740 mV/m	3 m	1 MHz

본 논문에서는 병원에서 사용되는 주파수 대역에 포함되는 608-611 MHz의 주파수 대역을 갖는 WMTS 통신 모듈을 설계하여 사용하였으며, 그림 1은 개발된 WMTS 송신 모듈의 모습을 나타낸다.

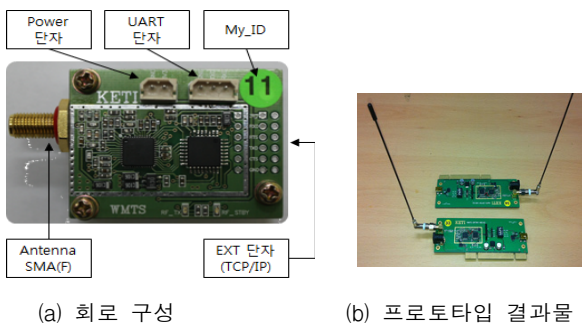


그림 1 WMTS 송신 모듈  
Fig. 1 WMTS transmitter module

그림 1의 (a)는 WMTS 송신 모듈의 회로 구성을 나타내며, RF Transceiver IC로는 Analog Device사의 ADF7020-1

High Performance FSK/ASK Transceiver IC을 사용하였고, 모듈 상호간의 Data 전송 프로토콜 적용을 위해 ATMEL사의 8 bit AVR Microprocessor를 사용하였다. 본 모듈은 608-611 MHz Frequency Band를 사용하는 GFSK 방식의 무선 송·수신 모듈로 모듈별 ID 설정 및 채널 설정을 통해 1:N 통신의 Data 전송을 지원하며, 전원은 2x1 Box connector를 적용하여 3.3 V를 입력받아 사용하도록 설계되어 있다. 3x1 UART Connector를 통해 맥파수집 장치와 연결되고 Receiver 모드로 설정되어 Access Gateway와 연동 Test를 하기 위한 Extra 단자가 존재한다. 이렇게 구성된 회로를 탑재한 WMTS 송신 모듈의 프로토타입 결과물을 그림 1의 (b)에 나타내었다. 그밖에 설계 모듈의 주요 규격은 표 2에서 설명되고 있다.

표 2 WMTS 송신 모듈 규격

Table 2 WMTS transceiver module specifications

구분	주요 규격
Frequency Band	608.100-611.900 MHz
Occupied Bandwidth	Less than 50 kHz (GFSK)
RF Output Power	Typical 10 mW
Initial Time	800 mSec (Power On)
Receive Sensitivity	-100 dBm (at 20kbps)
RF Data Rate	20 kbps (GFSK)
Serial Interface	38.4 kbps (UART)
Data Output Level	0.7 to Vcc

2.2 의료전용 네트워크 Access Gateway 설계

본 논문에서는 앞서 설명된 WMTS 송신 모듈이 적용된 맥파수집 장치로부터 Dual Band의 맥파 신호들을 무선으로 수집하여 최종 목적지인 병원이나 의료 서비스 기관으로 정보를 전송하기 위한 의료전용 네트워크 Access Gateway를 개발하여 맥파 신호 전송의 핵심 허브 기능을 수행하게 하였다. 그림 2는 의료전용 네트워크 Access Gateway의 모습을 나타낸다.

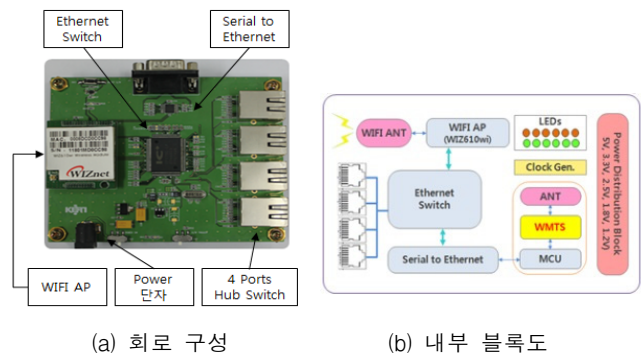


그림 2 의료전용 네트워크 Access Gateway  
Fig. 2 Network access gateway for medical-specific purposes

그림 2의 (a)는 Access Gateway의 회로 구성을 나타내며, 크게 2.4 GHz 대역의 WIZnet사의 WIZ610wi 모듈, IC사의 IP175C LF chip을 이용한 4 port 10/100 Ethernet

Integrated Switch Engine Part, WMTS 통신 모듈과 연결이 가능한 Sipex사의 SP3232E chip을 이용한 Serial to Ethernet 모듈 그리고, 3.3 V의 DC 전원을 위한 Power 단자가 존재한다. 그림 2의 (b)는 Access Gateway의 내부 블록도를 나타낸다. 우선 Wifi AP Chip의 유선 Port를 Ethernet Switch Chip과 연결하여 유·무선 네트워크 허브 기능을 하도록 하고, 별도로 사용된 Serial to Ethernet 모듈과 WMTS Receiver 모듈의 연계를 통해 Access Gateway의 동일 네트워크 기능을 구현하여 WMTS 대역과 Wireless LAN을 동시에 사용하는 Dual Band 통신환경을 지원하도록 설계하였다. 이를 통해 맥과수집 장치로부터의 WMTS 대역의 맥과신호 취득 및 Wireless LAN을 통한 전송 처리에 관한 Dual Band 통신환경의 기능 Test를 완료하였다. 의료전용 네트워크 Access Gateway의 주요 규격은 표 3에서 설명되고 있다.

표 3 Access Gateway 규격  
Table 3 Access Gateway H/W specifications

구분	주요 규격	
Processor	Wiznet WIZ610wi	
Ethernet	4 Ports Hub Switch	
Network	10/100 Ethernet, WiFi 802.11 b/g	
WMTS Communication	ADF7020-1	
Internal Interface	Serial to Ethernet	
Power	Input	DC 5 V
	Output	DC 3.3 V

### 3. 맥박주기를 이용한 감성평가 시스템

#### 3.1 맥박주기 결정

맥과는 피크 부분이 심전도 신호에 비해 완만한 곡선 형태로 나타나기 때문에 정확한 심박의 추출이 상대적으로 어려워져 좀 더 세심한 신호처리 기술이 적용되어야 한다. 또한, 주기 부분에서는 비교적 큰 피크를 가지지만, 미약한 신호인 경우에는 작은 피크들로 구성되므로 매우 신중한 처리 과정이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 주기성이 매우 뚜렷해서 강한 맥과 신호라고 판단되는 경우에만 맥박주기를 결정할 수 있도록 하였으며, 주기 피크 검출 후에도 맥박주기 계산에 현재 프레임과 전·후 프레임의 결과를 활용하여 최종적으로 주기를 결정하였다. 그림 3은 맥과 신호와 피크 검출을 위한 파라미터를 나타낸다.

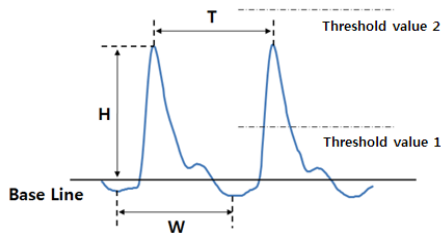


그림 3 피크 검출을 위한 파라미터  
Fig. 3 Parameters for peak detection

H는 피크의 높이이고, W는 피크가 나타나는 전·후 밸리 사이의 간격을 나타낸다. 그리고 구하고자 하는 맥박주기를 T로 나타내었다. 피크 검출은 피검자의 맥박주기를 고려하여 맥박주기가 존재할 것으로 예상되는 구간(0.25-1.5 sec) 내에서 기울기가 +에서 -로 바뀌고, H가 실험적으로 정한 문턱치(문턱 값1 = 50, 문턱 값2 = 150)의 범위 안에 해당하는 지점을 피크들에 대하여 크기 및 위치, 전·후 밸리의 위치를 순차적으로 저장한다. 저장된 피크들의 크기를 비교하여 가장 큰 피크 값의 95% 이내 피크들 중 전·후 밸리 사이의 간격(W)이 가장 큰 것을 일단 주기로 인정한다. 그림 4는 맥박주기의 피크 검색 과정을 나타낸다.

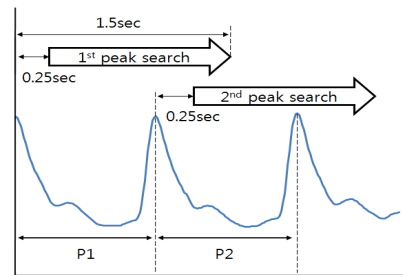


그림 4 피크 검색 구간  
Fig. 4 Peak searching sections

일반적인 성인의 맥박률은 약 60-120 bpm이며, 주기 검출에 사용되는 프레임의 길이는 보통 한주기 이상으로 설정한다. 이웃하는 맥박주기의 값은 아주 급격하게 변화하지 않을 것으로 가정하지만, 주기의 급격한 변화에 대처하기 위해 몇 주기 구간을 더 이용하기도 한다.

#### 3.2 감성평가 알고리즘

맥과의 시계열 자료로부터 얻어지는 정보 중 하나로서, 맥박주기의 변화량을 연속적으로 나타낸 그래프를 PRV라 한다. PRV를 추출하기 위해서 맥과 신호로부터 피크값을 구하고, 맥박주기 검출 알고리즘을 사용하여 맥박주기를 결정하는 과정을 거쳤다. 식(1)은 맥과 신호에서 n번째 피크 값의 위치를  $P_n$ 이라 하고, 맥박주기를  $T_n$ 이라 할 때, PRV<sub>n</sub>을 수식으로 표현하였다.

$$T_n = P_{n+1} - P_n, T_0 = T_1$$

$$PRV_n = T_k, P_k \leq n\Delta T \leq P_{k+1} (n, k = 1, 2, 3 \dots) \quad (1)$$

첫 번째 피크 값에서 두 번째 피크 값의 차를 n시점에서의 맥박주기로 결정하고, 현재 처리되고 있는 시점의 프레임에서 맥박주기를 바로 결정하지 않고, 이후 한 프레임의 연산이 더 진행된 후 결정하기 때문에  $T_0$ 에  $T_1$ 을 대입해 준다. 또한, 실제 맥박주기가 나타나는 시간의 위치는 첫 번째 피크 값의 위치보다 크고, 두 번째 피크 값의 변화량보다 작게 나타난다. PRV를 검출하고 나면, FFT를 이용하여 주파수 스펙트럼을 관찰하게 되고, 주파수 분석을 통하여 감성을 평가할 수 있다.

표 4는 유럽심장학회 및 북미학회에서 제시한 전력스펙트

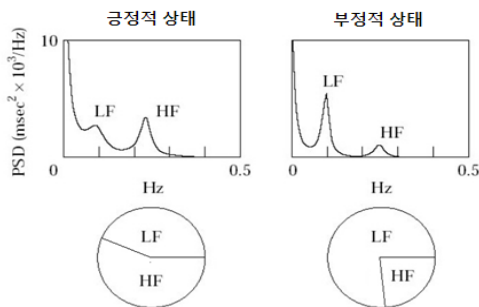
럼밀도를 이용한 HRV의 주파수 영역에 따른 분석방법을 나타낸다[5].

**표 4** HRV의 주파수 영역에 따른 분석  
**Table 4** Frequency domain analysis of HRV

구분	단위	설명	주파수 범위(Hz)
VLF	ms <sup>2</sup>	Power in the very low frequency range	0.003-0.04
LF	ms <sup>2</sup>	Power in the low frequency range	0.04-0.15
HF	ms <sup>2</sup>	Power in the high frequency range	0.15-0.4
LF/HF	-	Ratio LF/HF	

HRV 스펙트럼은 세 가지의 주요한 피크를 가지고 있는데 0.04 Hz 이하에서 주로 나타나는 초저주파 성분(VLF)은 체온조절, 혈관운동, 그리고 다양한 심폐 메카니즘 등에 관여하며, 0.04-0.15 Hz에서 나타나는 저주파 성분(LF)은 교감신경계의 활동과 혈압 조절 메카니즘과 관계있는 압수용체 반사를 나타내고, 0.15-0.4 Hz에서 고주파 성분(HF)은 부교감신경계 특히, 미주신경의 활동과 호흡 활동에 대한 정보를 가지는 것으로 알려져 있다.

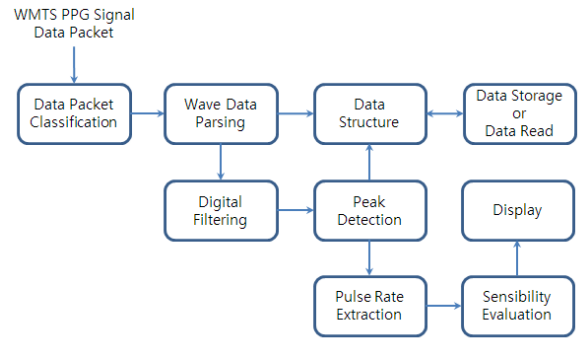
본 논문에서는 감성평가를 위해 주파수 영역에서의 분석만을 사용하였으며, PRV와 같이 심박활동의 지표로 사용되는 신호인 HRV의 주파수 분석방법을 적용하였다. 이를 위해, PRV의 주파수 스펙트럼으로부터 LF와 HF의 성분을 추출하였으며, 교감신경계와 부교감신경계의 우세정도를 나타내기 위한 LF/HF의 값을 측정하고, 자극에 따른 LF/HF의 변화를 파악하고자 하였다. 자극에 따른 피검자의 상태는 긍정적 상태와 부정적 상태로 나누어서 구별하였는데, LF/HF의 값이 커지면 LF의 값이 상대적으로 커졌음을 나타내며, 이것은 부교감신경이 우세하게 작용했다고 볼 수 있다. 따라서 피검자의 상태가 불쾌하거나 기분이 가라앉았다고 볼 수 있으므로 부정적 상태로 판단한다. 반대로 LF/HF의 값이 작아지면 HF의 값이 상대적으로 커졌음을 나타내며, 교감신경의 작용이 우세하게 작용했다고 볼 수 있다. 이는 피검자의 상태가 쾌적하거나 기분이 좋아졌음을 의미한다고 볼 수 있으므로 긍정적 상태로 판단한다. 그림 5는 유럽심장학회 및 북미학회에서 제시한 LF/HF의 비율에 따른 피검자의 상태를 평가한 것이다[5].



**그림 5** LF/HF의 비율에 따른 감성평가  
**Fig. 5** Sensibility evaluation from LF/HF ratio

### 3.3 시스템의 구현

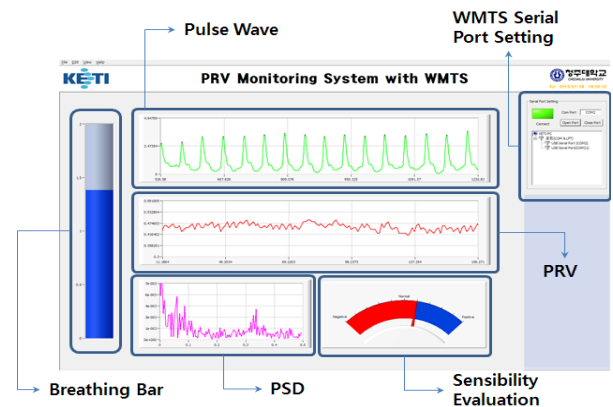
본 논문에서는 맥박주기를 이용한 감성평가를 위해 Visual Studio 2008을 사용하여 감성평가 소프트웨어를 개발하였다. 그림 6은 감성평가 소프트웨어의 블록선도를 나타낸다.



**그림 6** 감성평가 소프트웨어 블록선도  
**Fig. 6** Block diagram of sensibility evaluation software

WMTS 송신 모듈로부터 수신된 데이터 패킷은 데이터의 패킷 분류를 통해 온전한 패킷인지 확인 작업을 거친다. 패킷이 확인되면, 맥파 신호를 구문하고 디지털 필터링을 거쳐 피크 검출을 실행한다. 검출된 피크로부터 맥박주기를 추출하고, PRV를 통해 감성평가를 통해 부정적 상태와 긍정적 상태를 판단하게 되며, 모든 파라미터는 데이터의 구조체를 통해 csv형식의 파일로 저장되고 읽혀진다.

감성평가 소프트웨어의 화면구성은 호흡조절을 위한 Breathing Bar와 우측 상단에 WMTS 기반의 Serial 통신을 위한 Serial Port Window, 중앙 상단에 위치한 Pulse Wave Window, 중단에 위치한 PRV Window 및 하단 좌측에 위치한 PSD Window를 통해 하단 우측 LF/HF의 비율을 모니터링 할 수 있는 Sensibility Evaluation Window로 구성되어 있다. 그림 7은 구현된 감성평가 소프트웨어의 실행화면을 나타낸다.



**그림 7** 감성평가 소프트웨어의 실행화면  
**Fig. 7** Screen capture of sensibility evaluation software during execution

Breathing Bar는 피검자의 감성 상태를 원활하게 조절해 주기 위해 2초마다 들이마시고 내쉬는 동작을 반복하도록 하며, Sensibility Evaluation Window는 긍정적 상태일수록 파란색, 부정적 상태일수록 빨간색으로 나타나며 LF/HF의 비율에 따라 대응하여 반응하도록 설계 되었다.

#### 4. 실험결과 및 성능평가

##### 4.1 WMTS 통신 모듈 성능

맥파 신호에서의 맥박주기 검출은 맥파의 완만하게 나타나는 피크의 검출이 매우 중요하다. 이는 비정상적인 맥파 신호에서 피크가 잘못 검출되었는데도 정상적으로 검출된 것으로 오인된다면, 맥박주기가 이웃한 값으로부터 급격한 변화를 나타내거나 변화가 없는 것처럼 나타날 수 있기 때문이다. 따라서 무선 통신으로 인해 생기는 데이터의 수신 실패율은 결과적으로 피크 검출과 맥박주기 검출의 정확성과 연결되며, 이는 이후에 행하여질 감성평가에 잘못된 영향을 미칠 수 있기 때문에 보다 세심한 검토가 필요하다.

본 논문에서는 개발한 WMTS 송신 모듈과 의료전용 네트워크 Access Gateway의 성능을 평가하기 위해서 맥파수집 장치로부터 수집된 맥파 신호를 WMTS 송신모듈을 통해 전송하기 위한 데이터 송신 패킷을 표 5와 같이 구성하였고, 거리에 따른 데이터 수신 실패율을 실험하였다.

표 5 데이터 전송 패킷

Table 5 Data transmission packet definition

Length	Target ID	Trans ceiver	Pay Load			
			Head	PID	PPG	Tail
1 byte	1 byte	1 byte	1 byte	3 bytes	4 bytes	1 byte

맥파 신호를 전송하기 위한 패킷 구성은 Pay Load, Target Gateway ID와 WMTS 송신기 ID를 포함한 전체 패킷 길이로 구성되며, 피검자의 정보를 포함하는 PID(Patient ID) 3 bytes와 PPG Wave 정보 4 bytes로 구성된 Pay Load에 시작과 끝 각각 1 byte를 두어 전체 12 bytes의 길이를 갖는 하나의 패킷으로 구성하였다.

WMTS 모듈의 수신율에 대한 성능 테스트는 장애물이 존재하는 실험실 환경 내에서 각각 지정된 거리를 설정하여 100ms마다 한 개의 패킷씩 약 1000개의 패킷을 전송하고 이에 대한 수신된 패킷 개수를 백분율로 알아보았다. 테스트에 설정된 거리정보와 수신된 패킷 수에 대한 결과는 표 6에 나타내었다.

표 6 거리에 따른 패킷 수신율

Table 6 Packet reception rate according to distance

수신거리	전송 패킷수	수신 패킷수	수신율
1m 이내	1000	998	99.8%
3m 이내	1000	984	99.4%
5m 이내	1000	967	97.7%
10m 이내	1000	943	82.3%
15m 이내	100	861	76.1%

테스트 결과 3m 이내에서 전송되는 패킷은 99.4% 이상의 높은 수신율을 나타냈으며, 10m 정도의 거리가 벗어날수록 수신되는 패킷의 수가 급격히 감소하였다. 이는 일반적으로 자택 내에서 피검자의 활동반경을 고려한 생활 룸이나 병원의 병실 한 곳당 Access Gateway가 한 대씩 설치된다고 가정한다면, 충분히 만족할 만한 성능으로 감성 평가가 이루어질 수 있음을 의미한다.

##### 4.2 감성평가 결과

본 논문에서는 KTmed사의 KMM-S01 SpO2 모듈을 이용하여 맥파를 수집하였고, 맥박주기를 검출하기 위해 사용된 프레임은 적어도 한 주기의 피크가 나타날 수 있는 2초로 설정하였다. 맥박주기 검출의 오류 가능성을 줄이기 위하여 정상적으로 검출되다가 한 프레임에서 주기가 검출되지 않거나 비정상적인 값의 주기가 검출되면 앞·뒤 프레임에서 검출된 주기를 참조하여 평균값을 대체하도록 하였다. PRV는 128개의 데이터가 획득될 때마다 FFT를 수행하였으며, 짧은 길이의 신호에도 높은 주파수 해상도를 가질 수 있는 non-parametric 방법을 사용하였다.

실험에 참여한 피검자들은 25-35세 사이의 건강한 남녀들로 구성되어 있고, 실험 전 충분한 휴식을 통해 초기에 안정된 상태를 유지시키도록 하였다. 이후, 부정적 상태를 유도하고 피검자가 부정적 상태로 몰입되었을 때, 다시 긍정적 상태로 유도하는 방법으로 실험을 진행하였다. 이렇게 유도된 감성 상태에 따른 실험 결과의 일치 횟수는 감성 평가의 일치율을 결정하는 기준으로 적용된다. 감성 상태를 유도하기 위한 외부 자극으로는 멀티미디어 방법을 사용하였으며, 멀티미디어는 자신이 선호하거나 혐오하는 동영상을 주관적 설문조사를 통해 사전에 확보하였다. 또한, 실험 전·후로 설문을 작성함과 동시에 실험 도중에도 시간대에 따라 전반적으로 느낀 자신의 감성과 특이점 및 감성의 몰입도를 기술하도록 하였으며, 이밖에도 환경요인 또는, 피검자가 실험에 임하기 전에 자신의 컨디션을 자가 진단 할 수 있도록 하여 감성평가에 영향을 줄 수 있는 요인들을 피하도록 하였다.

그림 8과 그림 9는 실행한 감성평가로부터 획득한 데이터의 예이며, 각각 위로부터 PRV, FFT 스펙트럼을 나타낸다.

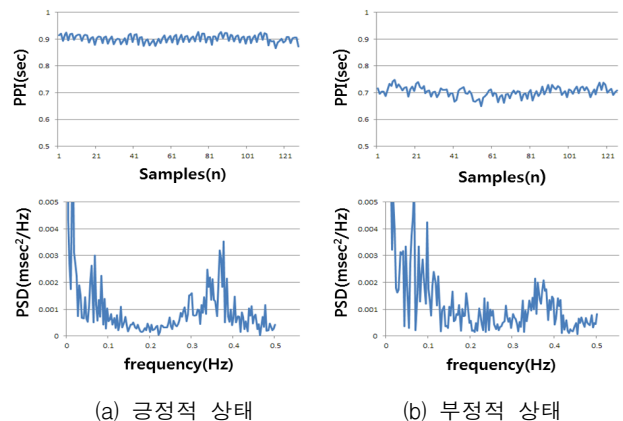


그림 8 피검자 LHM의 데이터의 예  
Fig. 8 Examples of subject LHM's data

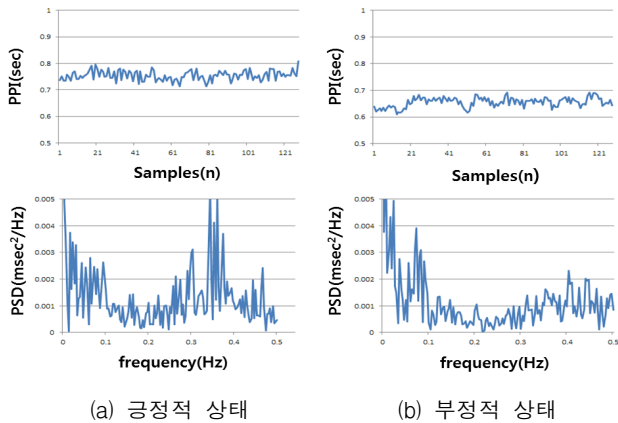


그림 9 피검자 WSJ의 데이터의 예  
 Fig. 9 Examples of subject WSJ's data

부정적 상태 자극의 경우, 피검자의 PRV는 거의 변화가 없는 단조로운 파형을 나타내었고, PRV의 주파수 스펙트럼 또한 LF의 성분이 개인에 따라 차이는 있지만 공통적으로 높게 나타났다. 반대로 피검자가 부정적 상태를 유지하고 있을 때, 긍정적 상태 자극의 경우에는 PRV의 파형에 육안으로 식별될 정도로 고주파 성분이 눈에 띄었고, PRV의 스펙트럼에서도 부정적 상태와 비교했을 경우, LF의 성분이 낮아지고, HF의 성분이 높아진 것을 확인할 수 있었다.

표 7은 실험에 참여한 피검자와 감성평가의 결과이다.

표 7 감성평가 실험 결과

Table 7 Results of human sensibility evaluation

피검자	감성 상태	실험 횟수	유도된 감성 상태와 실험 결과 일치 횟수	감성 평가 실험 일치율(%)
LHM	부정적	20	14	70
	긍정적	20	17	85
KHW	부정적	10	7	70
	긍정적	10	6	60
KJY	부정적	8	5	63
	긍정적	8	5	63
JKS	부정적	10	6	60
	긍정적	10	8	80
JSW	부정적	3	2	67
	긍정적	3	3	100
BSM	부정적	3	1	33
	긍정적	3	3	100
SRG	부정적	3	2	67
	긍정적	3	2	67
LWT	부정적	3	2	67
	긍정적	3	2	67
Total	부정적	60	39	65
	긍정적	60	46	77

피검자의 긍정적 상태와 부정적 상태의 실험 횟수에 대한 설문조사 일치율을 살펴보면, 부정적 상태의 일치율이 긍정적 상태의 일치율보다 크게 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이는 피검자들의 주관적 설문 조사의 특이점 문항에서 부정적

상태의 감성 유도가 어려웠다는 내용으로 미루어 보아 긍정적 상태의 감성보다 부정적 상태의 감성을 유도하기가 더 어려웠기 때문이라고 추측할 수 있으며, 피검자들의 감수성에 따른 개인차이라고 생각할 수 있다. 반면, 피검자마다 컨디션 자가진단에 따른 실험횟수의 차이는 나타나지만, 피검자 JSW, 피검자 BSM은 긍정적 상태에서의 실험 횟수와 이론 일치 횟수의 일치율이 100%로 높게 나타났으며, 주관적 설문 조사의 몰입도 문항에서의 답변과 같이 재미있고 좋아하는 동영상을 접하기 때문에 긍정적 상태의 감성 유도가 용이했다고 추측할 수 있었다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 의료용 무선 주파수 대역인 WMTS를 기반으로 맥파를 측정하고, 맥박주기를 검출하여 인간의 감성을 평가하는 기술을 개발하였다. 이를 위해 의료전용 WMTS 모듈을 설계하여 WMTS 대역을 통해 생체신호가 전송됨을 보였으며, 맥파의 주기검출 알고리즘을 개발하여 감성평가에 적용해 보았다.

WMTS 통신 모듈에 대한 평가는 거리에 따른 패킷 전송률을 통해 성능을 테스트하였고, 그 결과 WMTS 송신 모듈 반경 10m 이내에서는 감성평가를 실행함에 있어 만족할 만한 성능을 확인할 수 있었으며, 이를 토대로 의료전용 Access Gateway의 설치 반경을 추론할 수 있는 토대를 마련할 수 있었다. 또한, 본 논문에서 개발한 WMTS 무선통신 시스템을 이용하여, 맥파수집 장치로부터 수집된 맥파 신호를 피검자 정보와 함께 TCP/IP 통신을 통해 병원이나 의료 서비스 기관으로 전송하여 관리할 수 있는 기반 기술을 확보하였다.

감성평가의 결과는 피검자의 긍정적 상태와 부정적 상태를 비교하였을 때, 부정적 상태에서 맥박변이도 스펙트럼의 LF 성분이 증가함에 따라서 LF/HF의 비율도 증가하는 결과가 나타났으며, 반대로 긍정적 상태에서 맥박변이도 스펙트럼의 HF 성분이 증가함에 따라서 LF/HF의 비율이 감소하였다. 부정적 상태에서 LF의 성분의 증가는 부교감신경계의 활동이 우세하였음을 나타내며, 긍정적 상태에서의 HF의 성분의 증가는 교감신경계의 활동이 우세하였으므로 추측할 수 있다. 이는 기존의 심전도와 생체신호를 이용한 연구자들의 연구 결과와 일치하는 결과로서, 맥파를 이용하여도 유사한 결과를 얻을 수 있다는 가능성을 제시한다.

### References

[1] Tae-Soo Lee, Kyung-Ah Kim, Eun-Jong Cha, "Wireless Healthcare를 위한 무선통신기술의 현황", Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, vol.12-2, pp.39-42, 2006.  
 [2] M. Rollin, A. Mike, A. T. Wiliam, "The Effects of Emotions on Short-term Power Spectrum Analysis of Heart Rate Variability", The American Journal of Cardiology, vol.76, pp.1089-1093, 1995.  
 [3] Hyun-Min Lee, Kwon-Se Jang, Dong-Jun Kim, Kyeong-Seop Kim, "A Study on Enhancement of

Pulse Rate Detection in Photoplethysmography(PPG) and Its Application to Human Sensibility Evaluation”, Conference on Information and Control Systems, pp.407-408, 2012.

- [4] Jih-Sen Wong, Wan-An Lu, Kung-Tai Wu, Margaret Liu, Gau-Yang Chen, Cheng-Deng Kuo, “A Comparative Study of Pulse Rate Variability and Heart Rate Variability in Healthy Subjects”, Journal of Clinical Monitoring and Computing, vol.26-2, pp.1387-1307, 2012.
- [5] Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, “Heart Rate Variability Standard of Measurement Physiological Interpretation and Clinical use”, European Heart Journal, pp.354-381, 1996.
- [6] Chang-Won Park, “Development of Telemetry and Monitoring System on PMS”, Korea Electronics Technology Institute, 2012.
- [7] Chae-Young Lim, Young-Hwan Kim, Kyung-Ho Kim, Jae-Gi Son, “A Study on the Portable Vital-sign Measurement System based on Sensibility Ergonomics”, Conference on Korean Society for Internet Information, vol.12-1, pp. 269-270, 2011.
- [8] Heui-Kyung Yang, Jeong-Whan Lee, Young-Jae Lee, Kyeong-Seop Kim, Kang-Hwi Lee, Hee-Jung Choi, “HRV Evaluation under Stress Condition by using Patch Type Bipolar Heart Activity Monitoring System”, Journal of Korea Society for Emotion and Sensibility, vol.12-2, pp.161-168, 2009.



**전 기 만 (全 起 晩)**

2000년 한양대 전기공학과 졸업, 현재 동대학원 전기공학과 박사수료, 전자부품연구원 메디컬IT융합 연구센터 선임연구원  
Tel : 031-789-7562  
E-mail : kmjeon@keti.re.kr



**손 재 기 (孫 再 基)**

1991년 경기대 전자계산학과 졸업, 2000년 동대학원 전자계산학과 졸업(석사), 현재 외국어대 컴퓨터공학과 박사수료, 전자부품연구원 메디컬IT융합 연구센터 책임연구원  
Tel : 031-789-7548  
E-mail : jgson@keti.re.kr

저 자 소 개



**이 현 민 (李 賢 民)**

2006년 청주대 전자정보공학부 졸업,  
2008년 동대학원 전자공학과 졸업(석사),  
2012년 동대학원 전자공학과 졸업(공박)  
Tel : 043-229-8460  
E-mail : ifurita2x@hanmail.net



**김 동 준 (金 東 浚)**

1988년 연세대 전기공학과 졸업, 1990년 동대학원 전기공학과 졸업(석사), 1994년 동대학원 전기공학과 졸업(공박), 현재 청주대 전자정보공학부 교수  
Tel : 043-229-8460  
E-mail : djkim@cju.ac.kr