

RF 전송 모듈을 통한 HRV 모니터링 시스템

¹윤태호, ¹김경섭, ¹신승원, ¹김성희, ¹이정환, ¹이강휘, ²김동준
¹건국대학교 의료생명대학 의학공학부
²청주대학교 전자정보공학부

HRV Monitoring System with RF Communication

¹Tae-Ho Yoon, ¹Kyeong-Seop Kim, ¹Seung-Won Shin, ¹Sung-Hoi Kim, ¹Jeong-Whan Lee, ¹Kang-Hwi Lee, ²Dong-Jun Kim
¹School of Biomedical Engineering, Konkuk University, Chungju, Korea
²Division of Electronic & Information Engineering, Cheongju University, Cheongju, Korea

Abstract - Heart Rate Variability (HRV) system is useful for evaluating the balance in homeostasis of autonomic nervous system. In this study, we implement HRV monitoring system by performing real time FFT spectrum analysis on R-R intervals data acquired from Electrocardiogram (ECG) acquisition and transmitting the data by RF communication module.

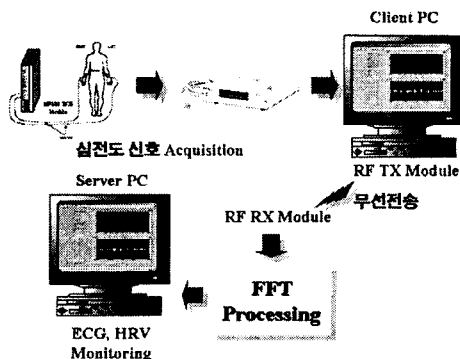
1. 서 론

현재, 신체 부위에 부착된 심전도 센서로부터 R-R 간격 정보를 추출하고 이를 주파수 스펙트럼으로 분석하여 피검자의 자율 신경계의 교감신경과 부교감신경의 활성화를 분석하는 HRV (Heart Rate Variability)를 이용, 심장질환을 진단하거나 스트레스 상태를 파악하고자 하는 많은 연구들이 이루어지고 있다. HRV는 심전도 신호 R-R 간격의 파워 스펙트럼 분석을 통해, 교감신경 (Sympathetic)의 활성화에 의해 나타나는 LF 주파수 성분과 (0.05~0.15Hz)와, 부교감 신경 (Parasympathetic)의 활성화에 의해 나타나는 HF (0.15~0.45Hz) 주파수 성분과의 상대적 비율차이를 통하여, 자율 신경의 변화를 판단하는 척도로 활용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 RF (Radio Frequency) 무선 전송 모듈 (NORDIC, nRF2401)을 이용하여 ECG Amp를 통하여 획득된 심전도 신호와 심전도 신호에서 신호 처리를 통하여 추출된 R-R 간격 정보를 실시간으로 전달하여, R-R 간격을 주파수 스펙트럼 변환을 통하여 HRV를 실시간으로 모니터링 함으로써, 환자의 건강 상태를 간접적으로 확인할 수 있는 시스템을 구현하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 System Structure

심전도의 R-R 간격 정보를 출력하고, HRV를 실시간으로 모니터링 하기 위하여 그림 1에서와 같이 Biopac사의 MP150과 ECG100 모듈을 이용하여 심전도 신호를 획득하고, 클라이언트 PC 상에 전송 및 저장하기 위하여 NI사의 DAQ 보드를 이용, 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 LabView 프로그램을 통하여 클라이언트 PC에 실시간으로 저장하고 이 심전도 정보를 이용하여 R-R 간격을 추출하여 2개의 채널로 프로토콜을 설정하여 클라이언트 PC의 직렬통신포트에 연결된 RF 무선 송신 모듈 (TX Module)에 전달한다. RF 무선 송신 모듈 (TX Module)을 통하여 전달된 심전도 신호와 R-R 간격 신호는 서버 PC의 직렬 통신 포트에 연결된 RF 무선 전송 모듈(RX Module)로 전송되고, 서버 PC는 전달된 심전도 신호와 R-R 신호를 화면상에 실시간으로 출력하고, 또한 R-R 간격 정보를 n=256, fs=1Hz로 설정하여 FFT (Fast Fourier Transform) 연산을 수행하여 총 3개의 채널로 화면상에 출력하게 된다.



<그림 1> Real-Time HRV Monitoring System

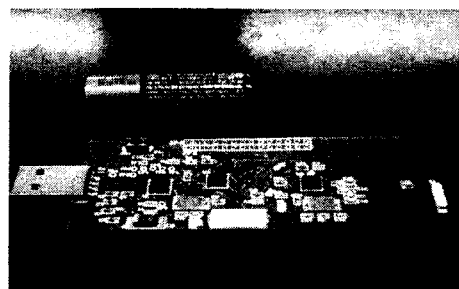
2.2 무선 송수신 모듈 (Wireless TX/RX Module)

무선 송수신 모듈의 선정에 있어서 소비전력이 매우 중요한 요소로 작용된다. 일반적으로 RF 계열의 무선 송수신 모듈은 Bluetooth 계열의 무선 송수신 모듈에 비해 표 1에서와 같은 장점을 갖는다.

<표 1> Bluetooth와 nRF2401 비교표

	Bluetooth	nRF2401
주파수대역	2.4GHz	2.4GHz
소모전류	최대 100mA	최대18mA
전송거리	최대100M	60M
입력전원	+3.3 ~ 12Vdc	+1.9 ~ 3.6Vdc
Full speed	723kbps + 57kbps	1Mbps
Transmit power	20dBm Max	5dBm
동작시간 (AAA 1.5V)	10시간	50시간

nRF2401은 저전력으로 고속의 데이터 전송을 위한 Shockburst Mode라 불리는 패킷 (Packet)방식의 전송방식을 통해 1Mbps의 전송속도를 지원하며, 2.4GHz 대역의 주파수와 채널 스캔을 통해 여러 개의 채널들을 공유할 수 있어 근거리 통신으로도 쉽게 이용 가능하다. 또한 3wire 직렬 인터페이스 (serial interface)를 통해 칩 제어가 용이하다. 송수신 각각의 모듈에는 컴퓨터와의 연결성 (Connectivity)을 향상시키기 위한 플러그 앤 플레이 (Plug&Play)를 지원하기 위해 Silicon Lab사의 CP2101칩 (USB-UART Bridge)을 사용함으로써 USB 연결 단자를 가진 일반 컴퓨터 기반의 송수신 모듈을 개발 하였다 (그림 2 참조).

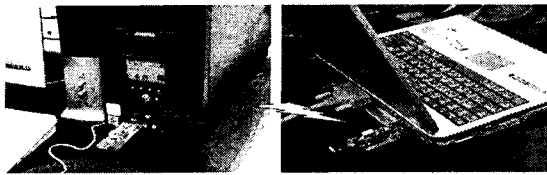


<그림 2> nRF2401 무선 송수신 모듈

2.3 무선 송수신 실험

무선 송수신 모듈의 데이터 전송이 정상적으로 이루어지는지 확인하기 위하여 그림 3과 같이 두 대의 컴퓨터에 각각 무선 송신 모듈 (TX module)과 무선 수신 모듈 (RX module)을 연결한 후 실험을 진행하였다. 실험 방법은 프로그램을 통해 전송/수신을 위한

초기화를 시켜주고 동일한 채널을 통해 데이터를 ShockBurst 방식으로 데이터를 전송하였다.

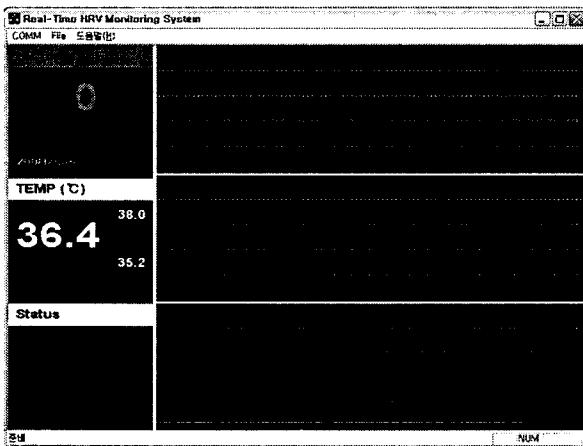


〈그림 3〉 무선 송수신 실험

그리고 두 모듈간의 거리에 따른 통신의 감도를 측정 해보기 위해 10M 간격으로 이동하면서 점차 거리를 늘려가면서 통신 상태를 점검하였다. 시리얼 통신 프로그램을 이용하여 데이터의 이동결과를 확인한 결과 데이터의 손실 없이 무선통신이 이루어지는 것을 확인하였으며 장애물이 없는 곳에서 직선거리로 60미터까지 통신이 이루어지는 것을 확인하였다.

3. 실험

HRV 실시간 모니터링을 위한 GUI 구성은 그림 4와 같이 심전도 신호 출력과 R-R 간격의 출력 그리고 R-R 간격을 이용하여 N=256, fs=1Hz의 FFT(Fast Fourier Transform) 연산을 수행하여 교감신경 (Sympathetic)의 활성화에 의해 주로 나타나는 주파수 성분인 LF (0.05~0.15Hz)와, 부교감 신경 (Parasympathic)의 활성화에 의해 나타나는 주파수 성분인 HF (0.15~0.45Hz)의 분포를 관찰하기 위한 FFT 스펙트럼을 출력하도록 구성하였다. 또한 R-R 간격 정보를 이용하여 HR (Heart Rate)를 계산하여 출력하도록 구성하였다.



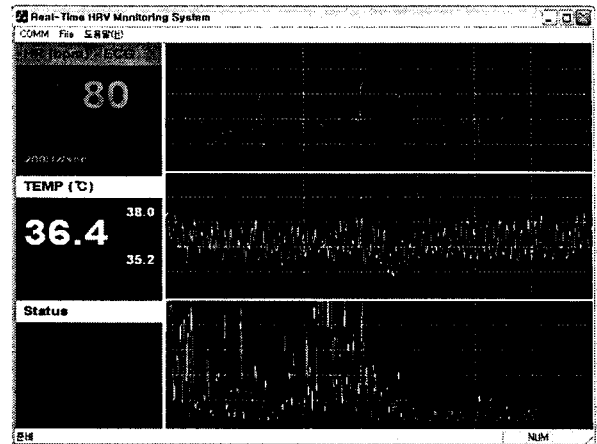
〈그림 4〉 HRV Monitoring System의 GUI.

R-R 간격에 따른 HRV (Heart Rate Variability)의 변화를 관찰하기 위하여 1명의 피검자를 통해 "rest"상태와 "stress"상태에서 각각 10분간 심전도와 R-R 간격을 측정하였다. 그림 5.(a)는 rest 상태에서의 심전도와 R-R 간격 그리고 FFT 스펙트럼을 나타내며 샘플링 주파수가 1Hz 이므로 0.5Hz까지의 주파수 분포를 보여준다. "rest"상태의 경우 LF (0.05~0.15Hz) 성분보다 HF (0.15~0.45Hz) 성분이 월등히 많이 분포하는 것을 보여주며, 이는 현재 피검자의 상태가 부교감 신경 (Parasympathic)의 활성화에 의해 조절되고 있음을 알 수 있다. 또한 그림 5.(b)는 "stress"상태에서의 심전도와 R-R 간격 그리고 FFT 스펙트럼을 나타내며 "stress"상태의 경우 LF (0.05~0.15Hz) 성분이 HF (0.15~0.45Hz) 성분보다 월등히 많이 분포하는 것을 보여준다. 따라서 이는 현재 피검자의 상태가 교감 신경 (Sympathic)의 활성화에 의해 조절되고 있음을 알 수 있다.

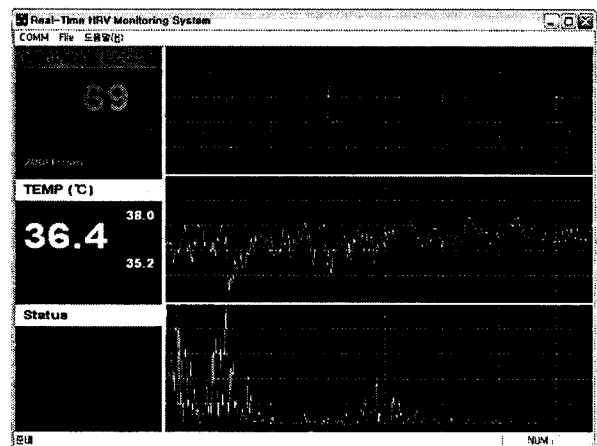
4. 결 론

본 연구는 RF (Radio Frequency) 무선 전송 모듈 (NORDIC, nRF2401)을 이용하여 ECG Amp를 통하여 획득된 심전도 신호와 심전도 신호에서 신호 처리를 통하여 추출된 R-R 간격 정보를 실시간으로 전달하여, R-R 간격을 주파수 스펙트럼 변환을 통하여 HRV를 실시간으로 모니터링 함으로써, 환자의 건강 상태를 간접적으로 확인할 수 있는 시스템을 구현하였다. 추후로 심전도 모듈과

RF 모듈을 통합하고 이를 PDA와의 인터페이스를 통해 시간과 장소에 영향을 받지 않는 HRV 모니터링 시스템의 구현을 위한 연구가 이루어질 예정이다.



(a)



(b)

〈그림 5〉 심전도, R-R 간격 및 HRV. (a) "rest" 상태, (b) "stress" 상태.

Acknowledgement

본 연구는 산업자원부, "지역산업중점 기술개발사업"의 지원으로 이루어졌습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Task Force of the European Society Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, "Heart Rate Variability Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use," Circulation, Vol. 93, No.5, pp.1043-1065, 1996.
- [2] A. Pichon, M. Roulaud, S. Antoine-Jonville, C. de Bisschop, A. Denjean, "Spectral Analysis of Heart rate Variability: Interchangeability between Autoregressive Analysis and Fast Fourier Transform," Journal of Electrocardiology, Vol. 39, pp.31-37, 2006.
- [3] D. Jun, Z. Hong-Hai, "Mobile ECG Detector Through GPRS/Internet," Proceeding of 17th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS'04), 2004 IEEE, pp.1-5, 2004.
- [4] K. Hung, Y. Zhang, "Usage of Bluetooth™ in Wireless Sensors for Tele-Healthcare," Proceeding of the Second Joint EMB S/BMES Conference, Houston, Texas, USA, 2002 IEEE, pp.1881-1882, 2002.
- [5] J. Coosemans, B. Hermans, R. Puers, "Integrating Wireless ECG Monitoring in Textiles," The 13th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, Seoul, Korea, 2005 IEEE, pp.228-232, 2005.