

생체신호 측정에 의한 실시간 지능형 운전자 건강 및 주의 모니터링 시스템

신홍섭* · 정상중* · 서용수** · 정완영***

*부경대학교 대학원 전자공학과

**동서대학교 전자공학과

***부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

Real-time Intelligent Health and Attention Monitoring System for Car Driver by Measurement of Vital Signal

Heung-Sub Shin* · Sang-Joong Jung* · Yong-Su Seo** · Wan-Young Chung***

*Department of Electronic Engineering, Graduate School, Pukyong National University

**Department of Electronic Engineering, Dongseo University

***Division of Electronic, Computer and Telecommunication Engineering,

Pukyong National University

E-mail : wychung@pknu.ac.kr

요 약

최근 운전자의 건강상태 모니터링 및 졸음운전 방지를 위한 자동차용 부품관련 센서개발 및 시스템 연구들이 국내외에서 활발히 진행되고 있다. 본 논문은 이러한 운전자의 건강상태 및 졸음운전을 점검하기 위해 체스트벨트(ECG)와 손목착용형 산소포화도(SpO₂) 센서를 제작하여 생체신호를 측정하였으며, 측정된 심전도, 산소포화도, 그리고 심장박동수 신호는 센서네트워크를 통해 수집, 전송 및 모니터링 등의 처리를 가능하게 하여 운전자에게 안전운행을 위한 정보를 제공하도록 하였다. 원격 지인 서버 PC와 연결된 베이스스테이션으로 수집된 심전도와 용적맥파 신호에서 HRV(Heart Rate Variability, 심박변이도) 신호를 검출하였으며, 검출된 HRV 신호를 시간 영역과 주파수 영역에서의 해석을 통하여 운전자의 스트레스 지수 및 졸음 상태의 실시간 모니터링 및 졸음 상태의 운전자에게 주의를 제공하기 위하여 알람을 제공하는 형태의 지능형 모니터링 시스템을 구현하였다.

ABSTRACT

Recently, researches related to automotive mechanism have been widely studied to increase the driver's safety by continuously monitoring the driver's health condition to prevent driver's drowsiness. This paper describes the design of wearable chest belt for ECG and reflectance pulse oximetry for SpO₂ sensors based on wireless sensor network to monitor the driver's healthcare status. ECG, SpO₂ and heart rate signals can be transmitted via wireless sensor node to base station connected to the server. Intelligent monitoring system is designed at the server to analyze the SpO₂ and ECG signals. HRV(Heart Rate Variability) signals can be obtained by processing the ECG and PPG signals. HRV signals are further analyzed based on time and frequency domain to determine the driver's drowsiness status.

키워드

졸음운전, HRV, 스트레스 지수, 지능형 모니터링 시스템

1. 서론

현재 전 세계 자동차 업체는 세계 자동차 시

장에서의 기능 및 품질 향상, 가격 경쟁력 강화
와 함께 심화되는 교통사고에 따른 사회적 비용

감소를 위한 차량 안전에 대한 규제, 사용자의 편리성에 대한 요구 증대 및 각국의 환경규제에 따라 지능형·친환경적인 자동차에 대한 관심이 늘어나고 있다. 최근, 운전자의 부주의에 의한 교통사고의 증가는 사회적으로 매우 심각한 문제가 되어 오고 있으며, 특히 최근 교통사고의 통계자료를 보면 교통사고의 원인은 졸음운전이 상당부분 차지하고 있는 것을 알 수 있다. 실제로 유럽의 통계치에 따르면 모든 교통사고의 10~20%가 운전자 피로에 의한 부주의로 인한 것임을 알 수 있다. 또한, U.S. National Highway Traffic Safety Administration(NHTSA)에 따르면, 해마다 적어도 100,000회의 자동차 사고가 졸음운전에 의해 일어난다[1]. 졸음을 측정하기 위한 방법으로 미래 산업의 핵심 역량 기술 중 하나로 각광받고 있는 유비쿼터스 헬스케어의 핵심 기술인 웨어러블 센서(심전도, 산소포화도, 가속도, 혈압, 혈당 등)를 이용하여 사용자의 피로도와 졸음과의 연관성에 관한 연구들이 진행되고 있다[2-3].

본 논문에서는 생체신호 측정을 위해 웨어러블 센서를 이용하여 운전자의 건강 상태와 졸음 상태를 모니터링을 할 수 있는 시스템을 제안하였다. 특히, 심전도 측정을 위한 체스트벨트와 손목착용형 산소포화도 센서를 제작하여 측정하였으며, 측정된 심전도, 산소포화도, 그리고 심장박동수를 수집, 전송 및 모니터링 등의 처리를 통해 운전자에게 건강상태와 졸음운전 시 운전자에게 주의를 제공하기 위한 지능형 모니터링 시스템을 구현하였다.

II. 운전자 건강 및 주의 시스템

본 논문에서 제안하는 실시간 지능형 운전자 건강 및 주의 모니터링 시스템은 크게 3부분으로 구성된다. 체스트벨트 및 손목착용형 산소포화도 센서를 통해 생체신호를 측정할 수 있는 웨어러블 측정 부분, 생체신호 수집 및 무선전송을 위한 무선센서네트워크 부분, 그리고 생체신호를 통한 졸음 및 스트레스를 확인하여 운전자에게 알람 및 주의를 제공할 수 있는 모니터링 부분으로 구성된다. 그림 1은 운전자 건강 및 주의를 위한 전체 시스템 구성을 보여준다.



그림 1. 전체 시스템 구성도.

운전자 건강 및 주의를 위한 시스템에 사용되

는 웨어러블 센서는 무선통신을 담당하는 무선 센서노드와 함께 사용되며, 무선센서노드는 웨어러블 센서를 통해 측정된 신호를 A/D변환, 신호처리 및 데이터의 무선통신을 위해 제작하였다[4]. 그림 2는 체스트벨트의 전극으로부터 심전도를 측정하는 일련의 과정을 보여주고 있다. 심전도의 신호를 측정하기 위하여 센서노드를 설계 및 구현하였고, 측정된 심전도 신호는 확장 커넥터를 통해 무선센서노드와 연결이 가능하도록 설계하였다. 심전도 신호는 체스트벨트에 부착된 2개 전극의 전위차를 차동증폭 및 필터링함으로써 측정이 가능하며, 이를 위해 심전도 신호의 차단 주파수는 0.05 - 123Hz 대역으로 설계하였고 이득은 300(24.8dB) 배의 특성을 갖도록 하였다.

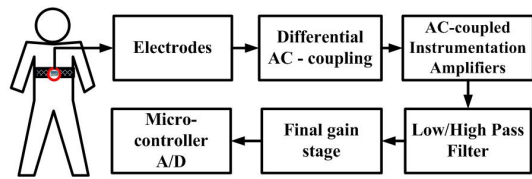


그림 2. 심전도 측정 순서도.

손목착용형 산소포화도 센서는 산소포화도 측정의 기본 원리에 따라 2개의 LED(Red - 660nm, Infrared - 940nm)와 포토다이오드로 구성하였으며, 동작전압이 2.7 - 5.5V이므로 3.3V에서 구동 가능한 무선센서노드와 함께 사용이 가능하도록 하였다. 손목착용형 산소포화도 센서의 하드웨어 구성은 그림 3과 같이 포토다이오드에서 수신된 신호처리를 위한 저대역통과 및 대역통과 필터, 신호의 증폭 등의 아날로그 신호를 위한 회로부분으로 구성하였다. 수집된 데이터의 전송은 RS-232 시리얼 통신을 사용하여 무선센서노드의 마이크로컨트롤러 UART 포트를 통하여 측정된 데이터가 수집된다. 수집된 데이터는 1초에 5바이트씩 75번의 데이터를 구성하여 서버와 연결된 베이스 스테이션으로 전송하도록 하였다.

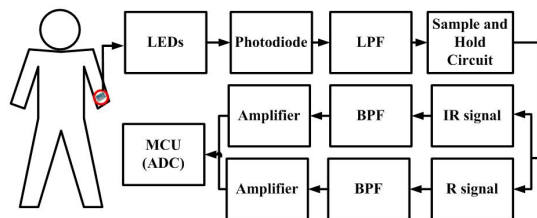


그림 3. 산소포화도 측정 순서도.

운전자로부터 측정된 생체신호는 TinyOS 기반의 무선센서네트워크 환경을 구현하여 베이스 스테이션에서 수집 및 처리되도록 하였다. TinyOS는 nesC 언어를 사용하는 모듈별 컴포넌트에 의한 응용프로그램으로서 심전도와 산소포

화도의 수집 및 샘플링, 무선통신 및 UART 통신을 위해 EcgC, SPO2 컴포넌트를 구현하여 생체신호의 전송을 가능하게 하였다. 그림 4는 무선센서노드에 구현된 어플리케이션의 소스트리를 보여주고 있다.

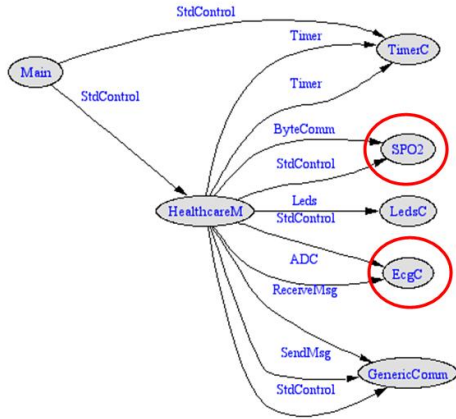


그림 4. 무선센서네트워크 기반의 컴포넌트 구성.

III. 실험 및 결과

그림 5는 생체신호의 측정 및 RF 무선통신을 담당하는 웨어러블 센서이며, 각각의 모듈은 무선센서노드에 부착하여 모듈의 장점을 극대화시키고자 하였다. 체스트벨트 센서 및 손목착용형 산소포화도 센서는 무선센서노드와 같은 크기인 약 40mm 지름의 원형으로 제작하였으며, 외부 커넥터를 서로 연결하여 전원(3V)을 함께 사용 가능하도록 하였다.

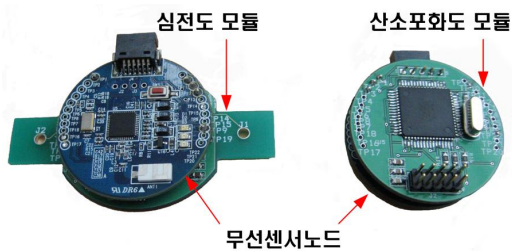


그림 5. 제작된 웨어러블 센서.

그림 6은 심전도 및 산소포화도 신호의 실제 측정을 위해 운전자가 체스트벨트와 손목착용형 센서를 직접 착용하여 측정하는 모습을 보여주고 있다. 심전도 신호의 측정은 센서에 부착된 2개의 전극의 전위차에 의해 소신호를 유도하였으며, 산소포화도 신호는 손가락에 위치한 반사형 프로브에서 수신된 신호를 증폭 및 필터링하여 무선센서네트워크를 통해 생체신호를 확보하였다.

그림 7은 운전자의 신체에 부착된 웨어러블 센서로부터 측정된 신호를 베이스스테이션에서

수집하여 모니터링한 결과를 보여주고 있다.

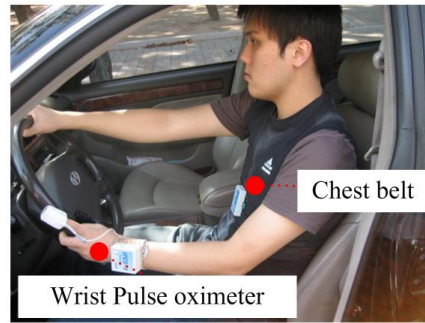


그림 6. 실제 측정 환경.

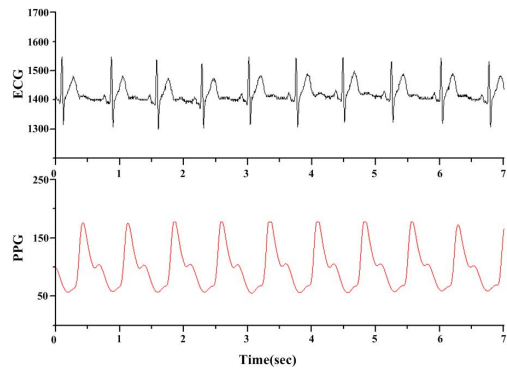


그림 7. 측정된 심전도 및 용적맥파 신호.

먼저 운전자의 건강상태를 평가하기 위해 그림 8과 같이 측정된 생체신호에서 HRV 신호를 검출하였으며, 검출된 HRV 신호로부터 주파수 영역과 시간 영역에서의 해석을 통해 스트레스 지수 및 자율신경에 대한 임상적인 판단을 가능하게 하였다.

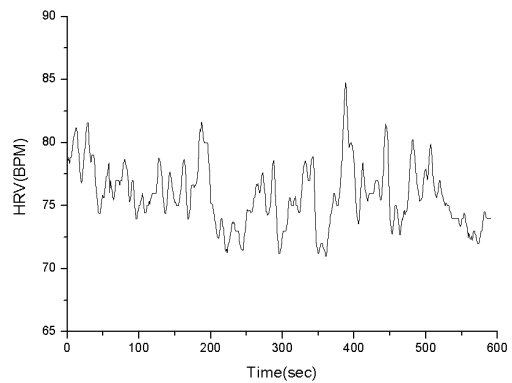
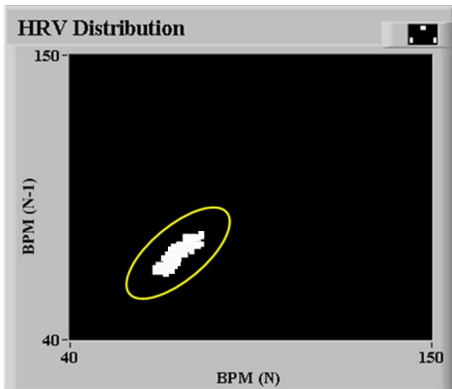


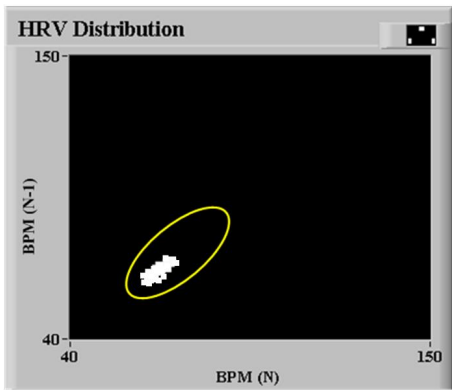
그림 8. 생체신호에서 검출한 HRV 신호.

그림 9는 정상상태의 운전자의 HRV 신호를 시간영역에서 분석한 결과를 보여주고 있으며, 측정된 HRV 신호는 70 - 85(BPM) 사이의 신호가 크고 복잡한 형태로 불규칙적인 결과를 나타내고 있다. 이것은 교감신경과 부교감신경이 적

절히 활동함을 반증한다. 또한, 실시간으로 운전자의 상태를 심박분포도(HRV Distribution)로 나타내어 그림에서와 같이 정상상태일 때의 심박분포도는 노란색 기준 범위 안에서 골고루 넓게 분포하지만 졸음상태일 때의 심박분포도는 낮은 수치에서 집중적으로 나타나게 되는 것을 확인하였다. 이것은 졸음상태일 때 자율신경인 부교감신경이 활성화되어 HRV 신호가 주기적이고 일정한 분포로 나타나게 된다.



(a) 정상상태



(b) 졸음상태

그림 9. 운전자의 상태에 따른 심박분포도.

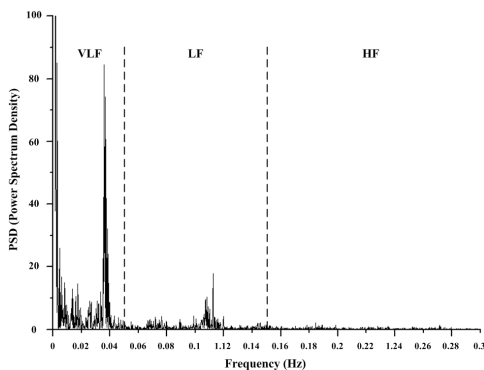


그림 10. 주파수 영역에서의 PSD 분석.

또한 졸음 판단을 위한 신뢰성 높이기 위해

위하여 주파수 영역에서의 주파수 대역밀도 (Power Spectrum Density, PSD)를 분석하였으며, 그림 10과 같이 주파수 대역밀도를 통해 교감신경(LF 영역)과 부교감신경(HF 영역)에 대한 활성화를 판단할 수 있으므로 운전자의 건강상태 및 졸음을 정확하게 판단할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 유비쿼터스 헬스케어 응용분야인 운전자 건강 및 주의 모니터링 시스템을 위해 체스트벨트와 손목착용형 산소포화도 센서를 제작 및 설계하여 실제 측정 및 모니터링이 실시되었다. 측정된 생체데이터는 자동차 내부에 구축된 무선센서네트워크 환경을 통해 실시간 모니터링을 가능하게 하여 운전자의 스트레스 및 졸음에 대한 정보를 제공하였다. 웨어러블 센서에서 측정된 심전도 및 산소포화도 데이터를 이용하여 HRV 신호를 검출하였으며, 검출된 HRV 신호의 시간영역과 주파수영역에서의 분석을 통하여 운전자의 건강상태 및 졸음상태를 판단하였다. 제안된 운전자 건강 및 주의 모니터링 시스템을 통해 생체신호를 이용한 운전자 감시를 가능하게 하였으며, 본 연구를 기반으로 보다 더 정확하고 신뢰성이 높은 운전자 감시모니터링 시스템이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

- [1] L.M. Bergasa, J. Nuevo, M.A. Sotelo, R. Barea, M.E. Lopez, "Real-Time System for Monitoring Driver Vigilance", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol 7, Issue 1, pp. 63-77, March 2006.
- [2] I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramanian and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communications Magazine, vol. 40, no. 8, 2002.
- [3] Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology, "Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use", Circulation, vol. 93, pp. 1043-1065, 1996.
- [4] Young-Dong Lee, Sang-Joong Jung, Yong-Su Seo, Wan-Young Chung, "Measurement of Motion Activity during Ambulatory Using Pulse Oximeter and Triaxial Accelerometer", Third International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, Vol 1, pp. 436-441, 11-13 Nov, 2008.