

원격 비접촉식 목표 추적형 생체신호측정시스템에 관한 연구

최광욱¹ · 김철성¹ · 양철승² · 이정기^{2*}

A study on a target-tracking and noncontact type biosignal measurement system Using IR-Radar and Pan-Tilt system

Kwang-Wook Choi¹ · Cheol-Sung Kim¹ · Chul-Seung Yang² · Jeong-Gi Lee^{2*}

¹Dept. of Electronics & Computer Engineering, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

²Korea Electronics Technology Institute, Gwangju 500-480, Korea

요 약

전 세계적으로 통신발달, 수명연장 등의 이유로 1인 가구가 급증하고 있으며 그에 따라 고독사 등의 문제점이 발생하고 있다. 이러한 문제점을 해결하고 사생활 침해가 없이 혼자서도 건강한 삶을 유지할 수 있도록 본 논문은 IR-레이더 및 레이저 변위센서를 이용하여 원거리 비접촉 생체신호 측정이 가능한 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 원거리에서 비접촉으로 생체신호를 측정하는 방법으로, 실내 위치추적을 위한 IR 레이더 시스템과 비접촉 생체신호 측정을 위한 변위센서, 그리고 센서를 목표지점으로 이동하는 구동부로 구성되며 기존의 1m에 불과하던 생체신호 측정거리를 8m이상으로 늘릴 수 있는 시스템이다. 제안된 시스템을 실험을 통하여 타당성을 검증한 결과 정상적으로 측정이 가능하였다.

ABSTRACT

As Single households increases for reason of communication development, extending human life, there are many problems occurring all over the world. In order to solve this problem with an invasion of privacy and maintain a healthy life, this paper suggest non-contact type bio-signal measurement system using IR-Radar, displacement sensor and Pan-Tilt system. The proposed system can increase the distance of measured respiration from 1m to over 8m, which is comprised of two IR-Radar for location tracking, one displacement sensor for non-contact type bio-signal measurement and one stepping motor drive system. The proposed system is verified through experiments and were confirmed the possibility.

키워드 : 생체신호, 비접촉, 레이더 시스템, 실내 위치추적

Key word : IR-UWB, bio signal, noncontact, location chase

접수일자 : 2014. 07. 21 심사완료일자 : 2014. 08. 08 게재확정일자 : 2014. 08. 22

* **Corresponding Author** Jeong-Gi Lee(E-mail:jklee@keti.re.kr, Tel:+82-62-975-7010)

1. Dept. of Electronics & Computer Engineering, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

2. Korea Electronics Technology Institute, Gwangju 500-480, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.9.2237>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

현대 사회가 질병의 예방과 건강관리를 중요시하는 웰빙시대에 들어서면서 건강한 삶에 대한 욕구가 그 어느 때보다 강하게 나타나고 있으며 건강한 삶을 위해 다양한 형태로 생활방식이 변화되고 있다. 또한 세계의 고령화 추세에 따라 노인의 건강을 관리할 수 있는 실버산업기술에 대한 관심도 높아지고 있다.

이와 같은 헬스케어 분야에 대한 높은 관심에 따라 연구기관들은 알다투어 인간의 생체 신호를 얻기 위한 새로운 방안으로서 접촉식 혹은 비접촉식 생체측정방식에 대한 다양한 연구를 수행하고 있다.

인간의 호흡과 심박 등 생체신호에 대한 검출 연구는 19세기부터 시작되어 왔으며 센서 접촉여부에 따라 접촉식과 비접촉식 검출방식으로 나뉜다. 접촉식은 측정 대상자가 센서나 센서모듈을 손목, 가슴 등에 부착하여 외부와 통신하고 이상 여부를 판단하는 방법이고, 비접촉식은 측정대상자에 부가적인 장치가 필요없이 외부에서 호흡이나 심박 등을 측정하는 방법이다.

접촉식은 센서나 혹은 측정을 위한 부수적인 매개체를 대상자의 몸체에 부착하여야 측정이 가능하기 때문에 분실 및 도난, 이물감으로 인한 착용거부 등으로 매개체가 접촉되지 않으면 신호를 측정할 수 없다는 문제점이 발생할 수 있다. 비접촉 측정방식은 별도의 장치 없이도 생체신호를 측정할 수 있는 장점이 있지만 현재 기술로는 근거리에서만 측정이 가능하다는 단점이 있다. 비접촉 방식은 도플러 효과를 이용한 방법이 대표적이며 2000년 이후 밀리미터 등 RF파를 이용한 연구가 활발하게 진행되어 오고 있다[1].

최근 반도체, RF 및 MEMS 기술과 통신기술이 발달함에 따라 소형의 레이더 시스템이 출현하고 있으며, 이중 IR-레이더 시스템은 실내측정의 우수한 정밀도로 각광받고 있다. 이 기술은 극히 짧은 임펄스 신호를 방사하여 목표물에 반사되어 들어오는 시간(ToA, Time of Arrival)을 이용하여 목표물의 거리, 상대 속도를 측정하는 방식으로 저비용, 저 소비전력으로 생체신호 측정할 수 있을 뿐만 아니라 수십 cm급의 정밀한 실내 위치추적 기능을 가능하게 함으로서 카메라 기반의 실내 감시 시스템을 보완할 수 있다. 하지만 이러한 특성에도 불구하고 아직까지 1m이내의 고정된 장소에서만 측정이 가능하기 때문에 가정 및 일상적인 실내에서 사용하

기에는 무리가 있었다.

본 논문에서는 목표물의 위치를 추적하고 좌표화하여 MCU를 통한 스텝핑 모터 제어와 목표의 변위변화량을 측정할 수 있는 비접촉 원거리 변위센서 기반의 생체신호측정 시스템(IR-UWB Radar)을 제안하고 실험을 통하여 기존 비접촉 생체신호 시스템이 가지는 거리의 한계를 극복하기 위한 시스템의 타당성을 검증하였다.

II. 본 론

본 논문의 비접촉 생체신호 측정시스템 전체적인 구성은 그림1과 같다. 목표대상의 실내 위치추적을 위한 IR-UWB 레이더(그림2)와 센싱부의 구동을 위한 스텝핑모터로 이루어진 구동부, 대상의 변위변화량을 파악하기 위한 센싱부, 데이터 처리를 위한 제어부, 통신부로 구성된다.

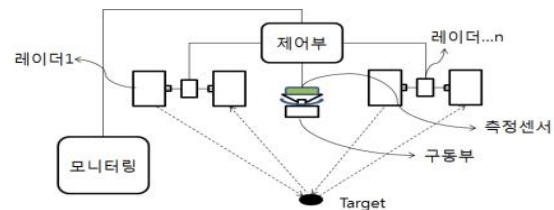


그림 1. 전체 시스템 구성도
Fig. 1 system architecture

레이더 내부는 PRF, Timing, Sweep control, sampler, Transmitter, Receiver로 구성되며, 외부는 LNA, Antenna, Filter, Amp. ADC 로 구성된다.

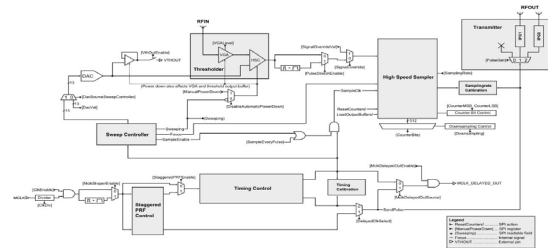


그림 2. UWB 칩 블록 다이어그램
Fig. 2 UWB chip block diagram

IR-UWB 레이더 센서는 Impulse 신호를 송신하여 물체에 반사되어 수신되는 신호사이의 시간적 차이를 이용하여 거리를 판단한다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같이 나타나며 일반적인 거리 추정과정은 그림3으로 나타낼 수 있다[2].

$$R = \frac{c \cdot T}{2}$$

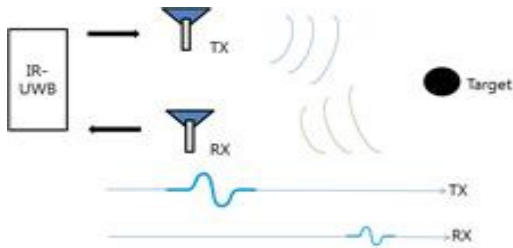


그림 3. 거리 추정 시스템 구조
Fig. 3 Principle of IR-radar system

위와 같은 거리 추정을 하기 위해서는 샘플링, 배경 잡음 제거, 신호강화, 목표물 감지, ToA추정 등의 과정이 필요하며, 두 개 이상의 레이더에서 측정된 목표물의 거리 정보가 결합하여 LSM, MSE등 위치추적 알고리즘을 바탕으로 목표물 추적이 가능하게 된다[3].

좌표추출은 기본적으로 각 레이더에서 측정된 거리 데이터를 바탕으로 원을 그려 원의 교차점으로 찾으며 이 때 정확한 좌표를 추출하기 위해 근사해를 찾는 보편적인 방식인 LSM 등이 사용된다[4,5].

$$E(a,b) = \sum_{n=1}^N (y_n - (ax_n + b))^2$$

$$\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \left(\begin{matrix} \sum_{n=1}^N x_n^2 & \sum_{n=1}^N x_n \\ \sum_{n=1}^N x_n & \sum_{n=1}^N 1 \end{matrix} \right)^{-1} \begin{pmatrix} \sum_{n=1}^N x_n y_n \\ \sum_{n=1}^N y_n \end{pmatrix}$$

위치추적 후 목표물의 신호를 측정하기 위해 센싱부의 이동이 필요함에 따라 스텝핑 모터를 제어하여 센싱부의 이동을 지시한다. 스텝핑 모터는 1펄스당 움직이는 각도가 일정하여 모터 중 각도제어에 있어서 정확도가 뛰어나다. 위치추적 후 목표물의 좌표를 Uart, Zigbee

등 유,무선 통신을 통하여 MCU로 전송하고, MCU에서는 전송된 좌표를 바탕으로 현위치에서 움직이는 각도를 계산한다. 계산된 각도를 스텝핑모터 각도로 나누어 이동해야하는 펄스의 수를 계산한다.

$$\theta = 90 - (\tan^{-1}(\frac{y}{x}) * 180/\pi), \quad n = \theta/\theta'$$

(θ = 이동각도, n =인가펄스수, θ' =모터이동각/펄스)

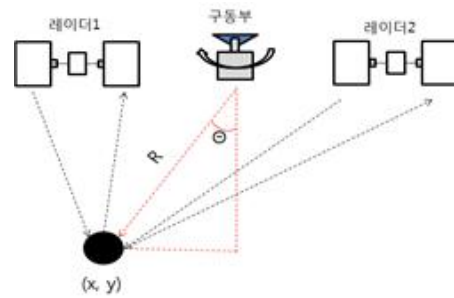


그림 4. Step Pulse 계산
Fig. 4 Calculate a step pulse number

MCU에서 계산된 펄스의 수(n)만큼 스텝핑 모터 드라이브에 펄스를 인가하면 스텝핑 모터가 θ 만큼 이동하여 측정대상에 센서를 위치시킨다. 측정대상에 센서의 포인트가 위치하게 되면 센서를 통하여 대상의 변위 변화량을 확인하며 이를 ADC로 변환하여 제어부로 데이터를 송신하게 된다. 송신된 데이터를 바탕으로 제어부에서는 변위변화량 데이터를 DSP를 통하여 호흡신호로 변환 후 BPM 및 호흡 진폭, 호기, 흡기 등을 구별하여 생체신호를 판단하도록 한다. 전체적인 시스템 흐름은 그림5와 같으며 실험을 위한 시스템 구성 파라미터는 표1과 같다.

표 1. 시스템 구성 파라미터
Table. 1 system parameters

시스템 구성 장비	모델명	
IR 레이더 (Novelda社)	레이더칩	NVA6100
	안테나	NVA-A03
Stepping Motor	motor	4S56R-N24056S
	드라이브	SLA7026m
Displacement Sensor		DT50Hi (Sick社)
MCU		AVR128
ADC		ads1110s(16bit)
응용프로그램		matlab

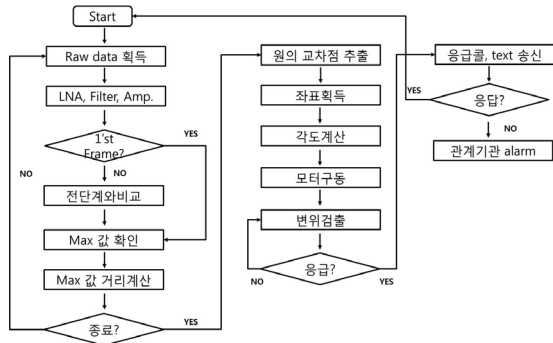


그림 5. 시스템 구동 Flow chart
Fig. 5 System working flow chart

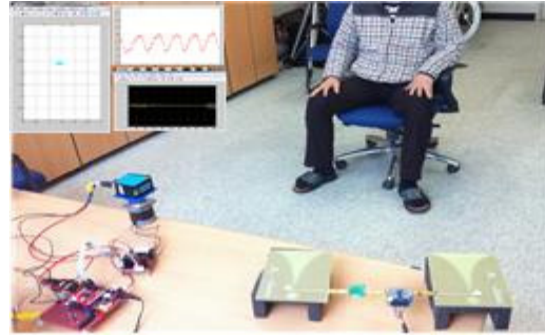


그림 8. 중앙에 위치하였을 때
Fig. 8 A center tracking

III. 실험결과

본 논문에서 제시한 원거리 비접촉 생체신호측정시스템을 기반으로 그림6과 같이 실제 시스템을 제작하여 실험을 실시하였다.



그림 6. 시스템 구성
Fig. 6 system layout

그림7과 같이 Novelda 社의 NVA6100 칩을 이용하여 위하여 레이더 보드를 제작하였으며 제작된 IR레이더 2set을 이용하여 2차원 좌표를 추출하였다.

그리고 추출된 좌표로 스텝모터 구동을 실시하고 변위변화량을 센싱하였다. 그림8~10은 실제 실험하는 모습이다.



그림 7. 레이더 보드
Fig. 7 IR-radar board

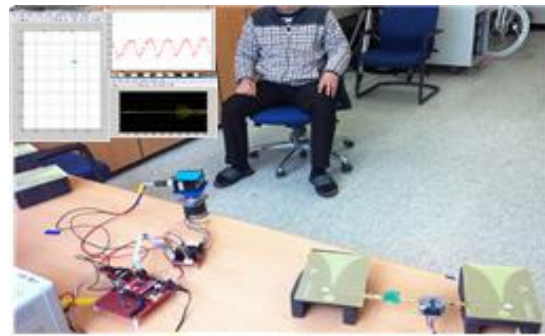


그림 9. 좌측에 위치하였을 때
Fig. 9 A left location tracking

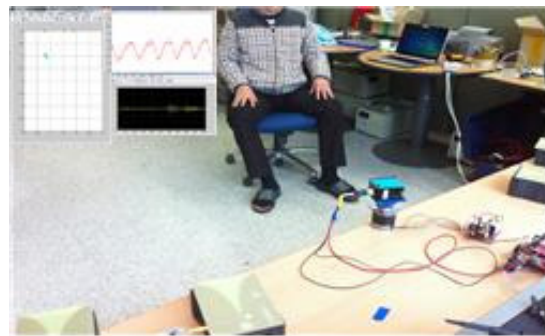


그림 10. 우측에 위치하였을 때
Fig. 10 A right location tracking

그림 11은 위치추적 후 변위센서를 통한 호흡측정파형에 대한 신호이다.

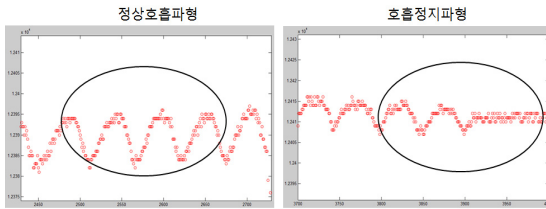


그림 11. 변위센서를 이용한 호흡측정
Fig. 11 A result of respiratory measurement using a displacement sensor

레이저 변위센서를 이용하여 호흡측정을 실시한 결과 기존 IR레이더만을 이용했을 때 1m에 불과하던 관측거리가 8m이상으로 증가하였음을 확인하였다.

현재 테스트시스템은 IR레이더 2Set을 이용하여 구성하였으며, 노트북과 AVR을 사용하여 제어부를 대신하였다. 노트북의 매트랩 프로그램으로 레이더 신호를 분석하였고 그래프를 구현하였으며, AVR를 통하여 ADC 및 모터 구동을 실시하였다. 실내에서 가장 뛰어난 위치 추적 능력을 가진 IR-UWB레이더의 특성으로 근거리에서 오차범위가 20cm 이내로 추적이 가능하였다. 또한 변위센서를 이용한 호흡신호는 변위센서의 특성에 따라 1m와 8m에서 1mm의 분해능을 보여 추후 안테나 특성과 레이더 수를 변경하여 보다 넓은 범위의 추적이 가능하다면 8m이상의 호흡측정이 가능할 것으로 사료된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 생체신호 측정시스템의 경우 신체에 접촉해야 된다는 점과, 비접촉 생체신호 측정시 1m 이내에서 측정이 가능하다는 문제점을 해결하고자 목표 추적형 생체신호측정 시스템을 제안하였다.

제안 조건에 따라 IR-radar와 변위센서를 결합한 시스템을 제작한 결과 기존의 1m에 불과한 호흡신호 측정거리를 8m이상으로 확장이 가능하였다. 또한 위의 테스트 조건에서 위치 및 호흡측정 결과 위치추적 오차 20cm이내에서 호흡의 흡기, 호기, 진폭, 주기 등의 정보를 관측할 수 있었다.

실험을 통하여 변위센서는 1~8m까지는 성능의 변화 없이 동일하게 호흡측정이 가능하다는 것을 확인하였고, 향후 맞춤형 안테나 제작, 레이더 추가 및 알고리즘 개선을 통하여 8m이상에서 3차원 위치추적 및 호흡측정에 대한 연구를 진행해보고자 한다.

REFERENCES

- [1] Jung-Min Park, Dong-Hyuk Choi, Seong Oak Park, "Noninversive life signal detecting system and their analyses" *JKEES* 2003-3-1-09 vol.3,no.1, 2003.
- [2] N. Paulino, J. Goes, A. S. Garcao: *Low Power UWB CMOS Radar Sensors*, First Edition, Springer, 2008.
- [3] J. Rovnakova and D. Kocur. "TOA Estimation and Data Association for Through Wall Tracking of Moving Targets," *EURASIP Journal on Wireless Comm. and Networking, The special issue: Radar and Sonar Sensor Networks*, vol. 2010, 2010.
- [4] S. H. Chang, R. Sharan, M. Wolf, N. Mitsumoto, and J. Burdick, "UWB radar-based human target tracking," *presented at the IEEE Radar Conf. 2009*, May 2009.
- [5] Stevn J.Miller "The Method of Least Squares [Internet]. Available http://web.williams.edu/Mathematics/sjmiller/public_html/BrownClasses/54/handouts/MethodLeastSquares.pdf



최광욱(Kwang-Wook Choi)

2007년 전남대학교 컴퓨터정보통신공학 석사
2012년 ~ 현재 전남대학교 전자컴퓨터공학 박사과정
※ 관심분야: MIMO-OFDM, Wireless-Lan, U-헬스케어 등



김철성(Cheol-Sung Kim)

1977년 서울대학교 전자공학 학사
1979년 서울대학교 전자공학 석사
1987년 美, 애리조나(Arizona) 대학교 전자공학 박사
1979년 ~ 1983년 국방과학연구소(ADD)
1987년 ~ 1989년 한국전자통신연구원(ETRI)
1989년 ~ 현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 교수
※ 관심분야: 차세대 이동통신 기술, Wireless-Lan 등



양철승(Chul-Seung Yang)

2014년 전남대학교 전기공학과 석사
2011년 ~ 현재 전자부품연구원 연구원
※ 관심분야: 임베디드 시스템, 스마트 그리드 보안, U-헬스케어 등



이정기(Jeong-Gi Lee)

2006년 조선대학교 공학박사
2006년 ~ 2014년 전자부품연구원 책임연구원
2014년 ~ 현재 전자부품연구원 스마트가전혁신지원센터 센터장
※ 관심분야: 임베디드 시스템, 스마트 그리드 보안, U-헬스케어 등