

밀리미터파 레이더 기반 호흡 심장박동 측정

MU JUNZHI, *이성주

세종대학교 정보통신공학과 및 지능형드론 융합전공

junzhi@itsoc.ac.kr, *seongjoo@sejong.ac.kr

Millimeter wave RADAR-based respiratory heartbeat measurement

MU JUNZHI, *Seongjoo Lee

Dept. of Information and Comm. Eng. and Convergence Engineering for Intelligent Drone, Sejong Univ.

요약

본 논문은 밀리미터파 레이더의 호흡 심박수 검출 원리에서 출발하여 호흡 심박수 신호 모델링 및 IWR1642를 이용하여 원시 데이터를 수집하여 1인 호흡 심박수의 검출 및 분석을 수행한다. 본 논문은 TI 공식 레이더 발사 파형 배치를 채택하지 않고, 자신의 필요에 따라 레이더의 발사 파형을 설계하며, 일반적으로 MATLAB의 unwrap 함수를 이용하여 phase unwrapping을 수행하며, 본 논문은 자체 설계로 수동 phase unwrapping을 설계한다.

I. 서론

호흡 빈도와 심박수는 인체의 중요한 생리학적 매개변수로 이러한 활력 징후를 지속적으로 모니터링하여 졸음, 수면 무호흡, 심지어 우울증까지 감지할 수 있어 인체 질병을 조기에 발견하는 역할을 한다. 레이더는 활력 징후를 비접촉으로 모니터링하는 몇 가지 장점이 있는데, 예를 들어 인간의 피부 색소 침착과 외부 조명 조건의 영향을 받지 않고 다양한 옷 재료를 투과할 수 있다. 또한 레이더는 인체의 프라이버시를 보호할 수 있고 비용이 저렴하며 휴대전화보다 더 많은 전력을 발사하지 않는다.

II. 본론

본 논문의 데이터 수집 환경은 레이더 140~150cm 지점에 비교적 개방되어 있다. 레이더 파형 파라미터 설정은 그림 1과 같이 내 필요에 따라 설정된다.

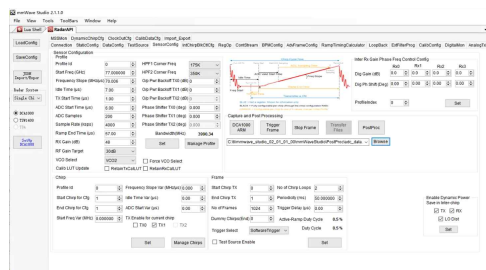


그림 1 레이더 파라미터 설정

본 논문에서는 데이터를 재구성하기 위해 두 개의 송신 펄스를 사용한다. 원래의 ADC 복수 신호에 대해 FFT를 수행하고 얻은 거리 차원 FFT를 그림 2에 나타내었다.

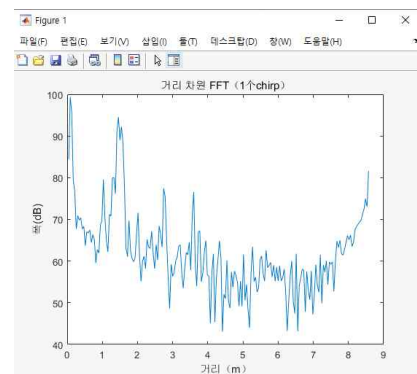


그림 2 거리 차원 FFT

위상값이 $[-\pi, \pi]$ 사이이기 때문에 실제 변위곡선을 얻기 위해서는 위상전개가 필요하므로 연속값 사이의 위상차가 $\pm\pi$ 보다 크거나 작을 때마다, 본 논문은 phase unwrapping 과정에서 matlab의 unwrap 함수를 사용하지 않고 위상에서 2π 를 빼는 방법으로 수동으로 작성하였다. phase unwrapping에서 얻은 phase differential 결과를 그림 3(a)에 나타낸다. 본 논문에서 자신이 설계한 phase differential 부분 코드는 그림 3(b)과 같다.

* 교신저자: 이성주

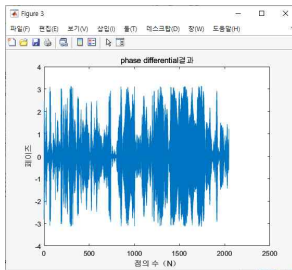


그림 3(a) phase differential 결과

```

127 n = 1;
128 for i = 1:1:1000
129     diff = angle_fft_last(i) - angle_fft_last(i-1);
130     if diff > pi
131         angle_fft_last(i:end) = angle_fft_last(i:end) - 2*pi;
132         n = n + 1;
133     elseif diff < -pi
134         angle_fft_last(i:end) = angle_fft_last(i:end) + 2*pi;
135     end
136 end

```

그림 3(b) phase differential 부분 코드

FIR의 밴드패스필터는 효과가 좋지 않기 때문에 본 논문에서는 IIR 밴드 패스필터를 사용한다. 필터의 샘플링 레이트는 20HZ로 설정한다. 그 결과 얻어진 호흡과 심장박동시간 영역 파형 결과는 그림 4와 같다.

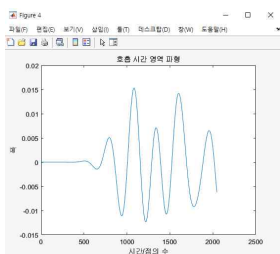


그림 4(a) 호흡시간 영역 파형

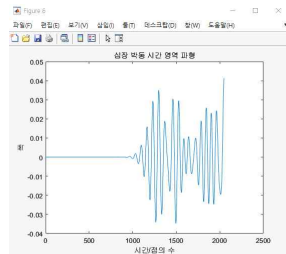


그림 4(b) 심장박동시간 영역 파형

패이즈 신호에 대해 FFT를 수행하고 피크 크기와 고조파 특성에 따라 N 프레임 시간 동안 해당 호흡 및 심장 박동 주파수를 얻는다. 호흡과 심장 박동 신호의 FFT 결과는 그림 5와 같다.

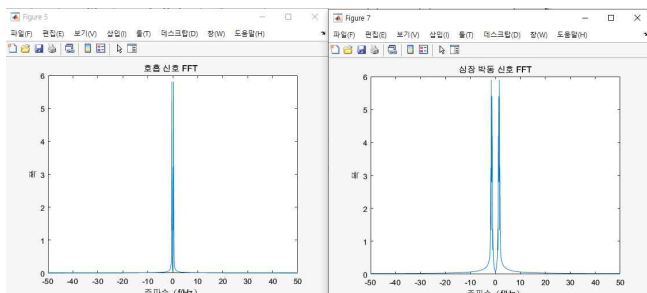


그림 5 호흡 및 심장박동 신호 FFT 결과

마지막으로 호흡과 심장 박동을 계산하면 그림 6과 같다.

```

236
명령 창
MATLAB을 처음 사용한다면 시작하기를 참조하십시오.
호흡: 23.4375 심장 박동: 99.6094
fx >>

```

그림 6 호흡과 심장박동 결과

만약 데이터 길이가 충분히 길다면, 레이더는 일정 시간 호흡 데이터와 심장 박동 데이터를 한 번 갱신할 것이다.

III. 결론

본 논문에서는 밀리미터파 레이더에 의한 인체의 호흡에 의한 미세거리 변화에 의한 위상변화를 이용하여 심박수와 호흡을 계산하고, 자체 설계한 phase differential 방법을 사용하였으며, TI공식 방법을 사용하지 않고 자체 설계 필요에 따라 레이더 파라미터를 설정하여 보다 정확한 호흡과 심박수 결과를 계산하였다. 본 논문과 TI의 공식 결과 비교는 표 1과 같다. 본 논문은 호흡면에서의 정확도가 TI공식보다 우수하며, 심장검사결과는 TI공식보다 가깝지만, 아무도 검사하지 않을 때는 TI공식에서는 어떠한 호흡이나 심장박동 데이터도 측정하지 않지만, 본 논문에서는 데이터를 측정하여 주변의 다른 물체나 소음에 의한 것으로 분석하였다.

표 1 결과비교

방법	TI 방법	논문 방법
호흡	23.5781	23.4375
심장 박동	99.4531	99.6094
심장 박동과 호흡 유무를 검사하는 사 람이 없음	무	있음

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터지원사업(IITP-2023-2018-0-01423) 및 정부의 재원으로 한국연구재단의 이공분야 대학중점연구소지원사업(No. 2020R1A6A1A03038540)의 연구결과로 수행되었으며, 검증을 위한 EDA관련 툴은 IDEC의 지원을 받았음.

참 고 문 헌

- [1] 데이터 출처
<https://www.ti.com.cn/zh-cn/about-ti/company/what-we-do.html>
- [2] Xiao Wendong, Liu Luyao, Cui Hao, Lv Hongxia, Qu Ying, & Chen Hao. (2022). Respiration and heartbeat detection method, system and device based on millimeter wave radar. CN114305355A.
- [3] Xiao Wendong et al. "Respiratory and heartbeat detection method, system and device based on millimeter wave radar.", CN114305355A. 2022.
- [4] PhaseNet: A Deep Convolutional Neural Network for Two-Dimensional Phase Unwrapping