

깊이 카메라를 이용한 수면중 호흡률 모니터링 시스템

문찬기 남윤영

순천향대학교 컴퓨터공학과

e-mail : moonchanki@naver.com, ynam@sch.ac.kr

A Respiratory Rate Monitoring System during Sleep using a Depth Camera

Chanki Moon Yunyoung Nam

Dept of Computer Science Engineering, Soonchunhyang University

요 약

본 논문은 깊이 카메라를 이용하여 수면중에 가슴의 움직임만으로 호흡률을 예측하는 시스템을 제안한다. 카메라는 취침하는 사람의 머리 위에 위치하였으며, 취침하는 사람의 가슴 주변을 관심 영역으로 지정하여 깊이 값의 변화를 추출하여 노이즈를 제거한 후 FFT를 계산하여 호흡률을 계산하였다. 실험에서 10명의 지원자를 대상으로 0.1 Hz 부터 0.4 Hz까지 측정하여 약 98%의 정확률을 얻었다.

1. 서론

수면의 질은 단순히 피로 회복뿐만 아니라 인간의 일상생활에 큰 영향을 미친다. 수면 중 나타나는 대표적 질병인 수면 무호흡증은 보통 코골이와 함께 수반되는 질병이다. 수면 중 기류가 구강 내의 구조물에 진동을 일으켜 발생하는 호흡 잡음으로 수면 중 호흡 정지가 빈번하게 나타나는 수면 무호흡증으로 인해 취침이 방해받게 되면 주간 졸음증을 유발할 수 있으며, 수면 장애의 원인이 되고, 저산소증으로 심폐혈관계 합병증을 유발하거나 악화시키는 요소가 된다. 저혈압 환자가 수면 중 수면 무호흡증으로 인하여 사망하기도 한다[1].

수면 무호흡증을 병원에서 진단하려면 많은 비용과 검사할 때의 불편함을 감수해야 하며 숙달된 인원이 지속적으로 관찰해야 한다. 본 논문에서는 수면자에게 불편함을 주지 않고 편리하고 적은 비용으로 호흡을 관찰하여 수면 무호흡증을 진단할 수 있는 시스템을 제안한다.

2. 관련 연구

2.1 기존의 호흡 관찰 장비

지금까지 병원에서 사용하는 고가의 장치부터 저가의 장치까지 수면 중 호흡과 뒤척임 정도를 파악하는 장치들이 연구되어 왔다. 그 중에 전문 의료기기로 출시된 AlicePdx와 Fitbit사의 스마트 밴드를 살펴본다.

AlicePdx는 맥박, 혈압 등 다양한 생체 정보들을 획득할 수 있는 장점을 있지만 비교적 가격이 고가이고 숙련된 인원이 지속적으로 관찰을 해야 하며, 착용하는데 많은 시간이 소요될 정도로 착용이 불편하며, 각종 센서와

장치를 부착해야 하기 때문에 수면자가 취침하는데 불편함이 있다[2].

Fitbit사의 스마트 밴드는 AlicePdx와는 다르게 착용이 간단하지만 낮은 정확도를 보인다. AlicePdx와 같은 다양한 기능은 제공하지 않지만, 맥박과 움직임을 측정하는 기본적인 성능을 지니고 있으며 상대적으로 가격이 저렴하다. 또한, 수면 중 뒤척임, 깨어남 등을 감지하여 기록하고 수면을 방해하지 않게 디자인되어 있어 수면을 방해하지 않고 데이터를 수집할 수 있다[3].

2.2 관련 연구

그림 1에서 보는 바와 같이 마이크로소프트사에서 출시한 키넥트의 깊이 카메라로부터 받아온 영상을 복호화, 부호화 과정을 통해 노이즈를 제거하고, 화면 전체의 공간 값을 사용하여 SVM 모델에 학습시킨 후, 이를 원형 그래프로 출력하여 호흡률을 진단하는 연구[4]가 있었으나, 영상을 실시간으로 녹화하고 처리하기 때문에 고사양의 시스템이 필요하다는 단점이 있다.

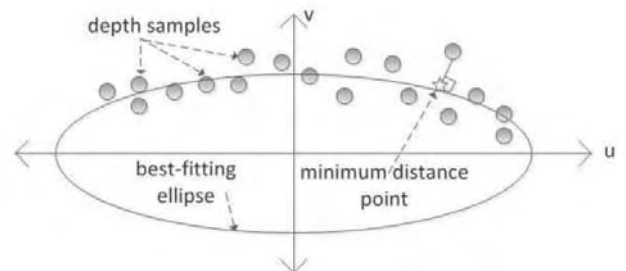


그림 1 깊이 카메라를 이용한 호흡률 측정방법

3. 호흡률 계산

3.1 실험 환경

실험은 키넥트 v1과 I7-7402mq 프로세서, 8GB 램을 사용하여 빛을 차단한 어두운 방에서 실험자가 침대에 누운 상태에서 진행되었다. 키넥트는 실험자의 머리 15cm 위쪽에 설치하였다. 개발을 위해 본 논문에서는 키넥트 SDK 1.8 버전을 이용하였다.

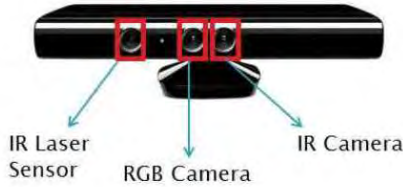


그림 2 마이크로소프트사의 키넥트

3.2 호흡률 계산

실험은 10명의 실험자에게 0.1 Hz - 0.4 Hz로 2분 10초 동안 각각 진행하였다. 호흡은 메트로놈[6]을 통해 비프음을 들려줌으로써 들숨, 날숨을 쉬도록 유도하여 진행하였다.

들숨과 날숨을 쉴 때, 복부에는 흉부와 비슷하거나 더 큰 움직임이 나타난다. 그러므로 복부를 이용하여 깊이 값을 수집한다면 더 깨끗한 신호를 얻을 수 있지만 개인마다 복부의 크기, 체형 등이 다르기 때문에 본 논문에서는 움직임을 확실히 관찰할 수 있는 흉부를 ROI(Region of Interest)로 지정하였다.

또한 영상에서 노이즈를 제거하기 위하여 필터를 적용한다면 노이즈는 줄일 수 있으나 실행 시 연산량이 증가하므로, 데이터 처리속도가 저하되는 문제가 있다. 따라서 노이즈를 최소화하고, 데이터 처리속도의 확보를 위하여 150 * 75 픽셀을 관심 영역의 크기로 정하였다.

실험은 3단계 과정으로 이루어졌다. 먼저 실험자가 침대에 누고 메트로놈을 이용하여 0.1 Hz부터 0.4 Hz까지 비프음을 들으며 들숨과 날숨을 쉰다. 화면의 모든 깊이 값을 배열에 저장한 후 흉부의 좌 상단을 기준으로 X + 150, Y + 75만큼의 픽셀을 관심 영역으로 지정하여 이 영역 내부의 평균 깊이 값을 구하였고, 해당 프레임의 평균 깊이 값과 실행 시간(밀리초)를 함께 저장하였다.

기록된 데이터들을 Matlab을 이용하여 FIR 필터를 적용하여 0.1 Hz, 0.4 Hz 사이의 데이터만 통과시켜서 노이즈를 제거하였으며, PSD(Power Spectral Density)를 이용하여 피크 값을 검출하고 검출된 값을 통해 호흡 빈도를 검출하였다.

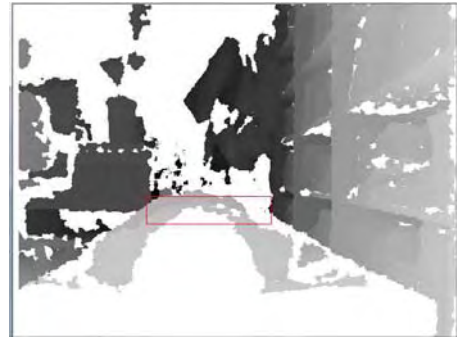


그림 3 측정된 깊이 데이터와 ROI

그림 3은 실험을 통해 얻는 깊이 데이터의 한 예이다. 그림에서 보는 바와 같이 흉부의 좌 상단으로부터 150 * 75 픽셀을 ROI로 지정하였다.

깊이 값의 평균을 구하기 위해 아래와 같은 식을 사용한다. D는 한 프레임의 평균 깊이 값이다. i는 프레임의 x 축을, j는 프레임의 y축이다. w는 관심 영역의 너비의 미하고, h는 관심 영역의 높이이다.

$$D(t) = \frac{\sum_{i=1}^w a_i \sum_{j=1}^h b_j}{wh} \quad (1)$$

그림 4는 깊이 센서에서 깊이 값만의 원본 데이터를 나타낸 그래프이다. Y축은 한 프레임의 깊이 값의 평균값이고 X축은 해당 프레임의 시간(초)을 나타낸다.

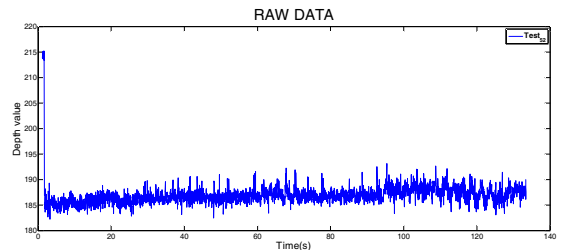


그림 4 측정된 로우 데이터

그림 5는 FIR 필터를 적용시킨 후의 데이터이다. Y축은 값의 크기를 나타내고 X축은 시간(초)이다.

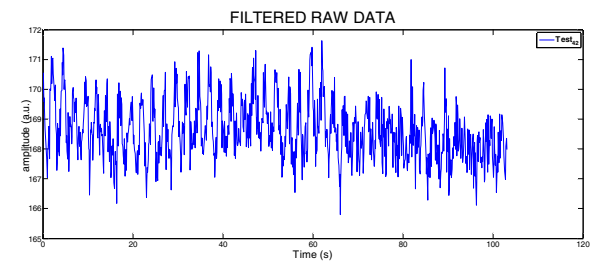


그림 5 필터를 적용시킨 데이터

그림 6은 호흡수를 0.2 Hz로 측정된 데이터에 FIR 필터를 적용시키고 PSD를 통해 피크 값을 검출한 것이다.

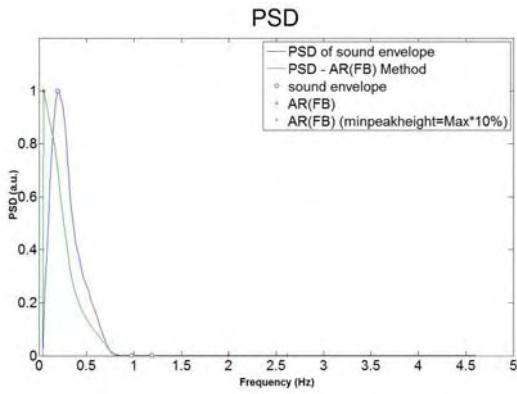


그림 6 PSD의 예 (호흡률이 0.2 Hz 일때)

참고문헌

- [1]코골이 및 수면 무호흡, <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=926757&mobile&cid=51007&categoryId=51007>
- [2] Alice PDx portable sleep diagnostic system - Philips, <http://www.healthcare.philips.com/main/homehealth/sleep/alicepdx/default.wpd>
- [3] Fitbit Charge HR™ 무선 심박수 + 활동 밴드, <https://www.fitbit.com/kr/chargehr#i.t01xe018v8e94r>
- [4] Cheng Yang, "Sleep Monitoring VIA Depth Video Compression & Analysis"
- [5] Kinect for Windows | Windows Store applications, <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows>
- [6] TempoPerfect Free Metronome Software for Musicians, <http://www.nch.com.au/metronome>

4. 실험결과

정확률을 계산하기 위해 아래와 같이 에러율(e)을 이용하여 계산한다. R 은 실제 호흡 수, R_{est} 는 측정된 호흡 수이다.

$$e = \frac{\text{mean}(R - R_{est})^2}{\text{mean}(R)^2} \times 100 \quad (2)$$

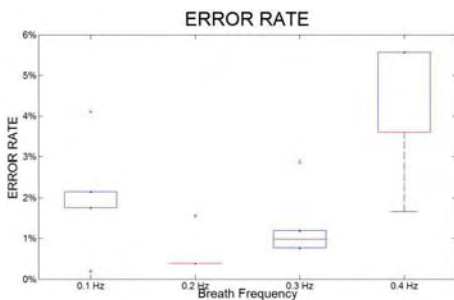


그림 7 실험결과(에러율)

그림 7의 Y축은 에러율, X축은 호흡수를 의미한다. 각 호흡수의 에러율은 0.1 Hz에서 1.265%, 0.2 Hz에서 0.374%, 0.3 Hz에서 2.304%, 0.4 Hz에서 4.370%의 평균 에러율을 보였다.

5. 결론

본 논문에서는 깊이 카메라로부터 입력받은 깊이 값을 이용하여 수면 중 호흡률 모니터링 시스템을 제안하였다. Matlab을 통하여 텍스트에 저장된 RAW 데이터에 FIR필터를 적용하여 0.1 Hz부터 0.4 Hz까지의 데이터만 통과 시킴으로써 노이즈를 제거하였고 PSD를 통해 피크값을 측정하였다. 실험결과에서 0.1 Hz부터 0.3 Hz까지는 약 2.5% 에러율을, 0.4 Hz에서는 약 4.5%의 에러율을 보였다.

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 ICT융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2015-H8601-15-1009)