

신호간의 상관관계를 활용한 호흡 상태 감지 및 분류 응용

*김수열, *황채환, **김주오, **박철형, **이덕우

* 계명대학교 의용공학과

**계명대학교 컴퓨터공학부

e-mail : vowkr0@naver.com, ch8638@naver.com, monkey4650@naver.com,
parkcheolhyeong@gmail.com, dwoolee@kmu.ac.kr

Application to Detection and Classification of Respiratory Status based on a Signal Correlation

*Sooyeon Kim, *Chae-hwan Hwang, **Ju O Kim, **Cheolhyeong Park,
**Deokwoo Lee

*Department of Biomedical Engineering, Keimyung University

**Department of Computer Engineering, Keimyung University

Abstract

In these days, sleep apnea is considered critical health problems. In this paper, we suggest method to detect and classify respiratory status by simply using correlation algorithm. The method is very simple, straightforward and efficient to detect abnormal respiratory status. Prior to analyze respiratory signal, noise reduction is carried out using median filter. To verify the proposed method, experimental results are provided.

I. 서론

수면 중의 무호흡 환자는 지난 몇 년간 꾸준히 증가해 오고 있으며, 생체 신호를 측정하는 장비 및 시스템은 그로 인해 꾸준히 개발되어 왔다. 생체신호는 심전도, 뇌파, 체온, 호흡 등이며, 대체로 신체에 부착하여 측정하는 경우가 많다. 특히, 호흡 신호 모니터링을 통한 무호흡 감지는 신체부착 장비를 사용하지 않고도

사람의 호흡 상태를 감지할 수 있다는 점에서 사용성이 높고, 효율적이라 할 수 있다. 호흡신호 측정에 대한 연구는 레이더 장비 (UWB-Radar)를 활용하여 진행되어 오고 있다. 레이더 장비를 활용하여 측정된 장비와 사람간의 거리를 활용하여 호흡의 상태를 추정한다[1, 2]. 본 논문에서는 BIOPAC 기류변환기(SS11LA) 장비를 활용하여 호흡을 측정한다. 측정된 호흡 신호에 임의의 잡음 신호를 추가하고, 이를 제거한 후 호흡 신호를 분석한다. 분석한 신호를 이용하여, 무호흡 상태와 정상호흡 상태를 상관관계를 활용하여 구분한다. 신호 및 영상 처리에서 신호의 유사성을 찾거나 이미지에 특정 개체를 찾는 패턴 분석(Pattern Recognition)을 위해 본 논문에서는 이산 푸리에 변환을 기반으로 하여 Cross-Correlation(상호 상관)을 이용한다. 호흡 상태에 따른 신호의 패턴을 분석하여 호흡과 무호흡의 상태를 검출한 결과를 제시한다. 신호 측정을 위해 신호 획득후 잡음을 제거하기 위해 중간 값 필터 (Median filter)를 적용한다. 잡음제거를 위해 많이 사용되는 사비츠키-골레이(Savitzky-Golay) 필터를 적용한 결과와도 비교한다. 본 논문에서는 중간값 필터와 상관계수를 활용하여 호흡상태를 감지하는 연구결과를 제시하고, 그 결과가 실제 적용이 가능함을

확인하였다. 본 연구에서는 호흡 및 무호흡 상태의 신호를 획득하여 분류하고, 응용 분야 적용 가능성을 확인해 본다.

II. 본론

2.1 신호의 전처리

사비츠키-골레이 필터(Savitzky-Golay Filter)는 측정한 신호에서 잡음의 영향을 최소화하면서 고주파 성분을 유지하는 특성을 가진다. 사비츠키-골레이 필터는 다항식의 회귀 과정을 통해서 데이터를 추정하는데, 일련의 데이터에 다항식을 적용한 후 근사 구간 안의 하나의 데이터에서 생성한 다항식을 추정한 후에 이것을 커널 형태로 표현하여 원래 신호와 convolution 연산을 통하여 필터링 과정을 수행한다 [3, 4]. 사비츠키-골레이 필터를 임의의 신호에 적용한 결과는 그림 1과 같이 나타난다. 그러나 사비츠키-골레이 필터는 잡음 제거를 하는 절차 중에 경계 부분의 고주파 성분 정보를 손실하는 단점이 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 중간값 필터를 적용한다 (그림 2). 중간값 필터(Median Filter)는 영상 또는 기타 신호에서 잡음을 제거하는데 자주 이용되는 비선형 디지털 필터링 기술로써, 일반적으로 이미지 처리과정에서 이미지의 고성능 잡음 제거를 하는 데에 필요하다[5]. 사비츠키-골레이 필터(Savitzky-Golay Filter) [6]는 필터링한 모든 데이터를 스무딩 처리하여 부드럽게 만드나, 스무딩을 원하지 않는 급격히 변하는 경계값도 스무딩되어 경계를 잘 보존하지 못한다는 단점이 있다.

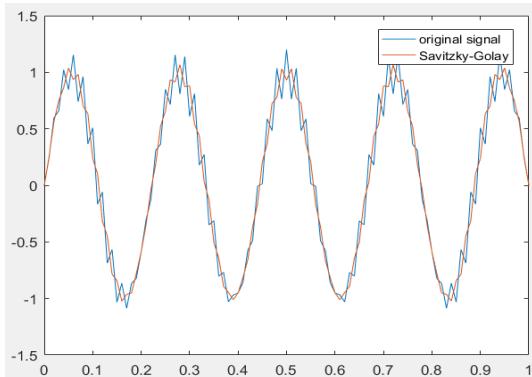


그림 1. 사비츠키-골레이 필터를 적용한 잡음제거

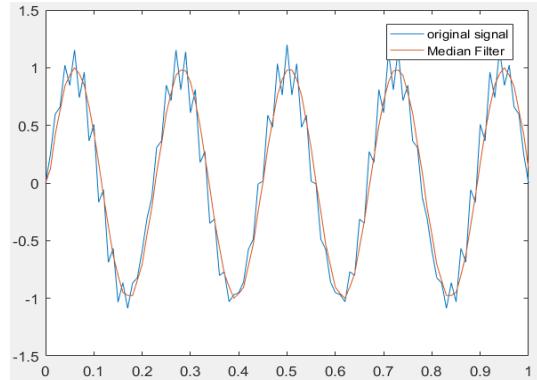


그림 2. 중간값 필터를 이용한 신호 잡음 제거

그림 2에서는 임의의 신호에 중간값 필터를 적용하면 경계 부근에서 왜곡을 최소화하면서 보존하여 스무딩하는 것을 확인할 수 있다.

2.2 호흡신호의 유사성 측정

신호 및 영상처리에서 Cross-Correlation(상호 상관)을 이용하여 신호의 유사 패턴을 탐색할 수 있다[7]. Cross-Correlation(상호 상관)은 한 신호와 서로 다른 신호간의 유사성을 알기 위해서 사용한다. 이를 통해서 호흡 신호와 무호흡 신호 간의 유사성과 패턴을 분석하여 신호를 구분한다. 연속 시간 신호 $x(t)$ 와 $y(t)$ 의 상호상관은 식 (1)와 같이 주어진다.

$$x(t) \star y(t) = (x \star y)(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x^*(\tau) y(t+\tau) d\tau, \quad (1)$$

$x^*(t)$ 는 신호의 결합 복소수 (conjugate number)를 나타낸다. 이를 이용하여 correlation 값의 따라 신호의 유사성을 파악할 수 있다.

III. 실험 및 결과분석

본 연구에서 진행된 실험은 호흡 신호를 측정한 후 호흡상태를 감지, 서로 다른 호흡상태들에 대한 상호상관을 통해 호흡 상태를 분류하는 것이다. 호흡은 크게 두가지 상태, 정상호흡, 무호흡으로 나뉘었고, 각 호흡은 잡음이 섞인 신호, 잡음이 제거된 신호로 나뉘어 총 4가지 종류의 신호를 분석한다. 호흡 측정은 각 상태별로 50회씩 측정하였으며 활용된 장비는 Biopac이다. 그림 3과 4에서는 각각 정산신호의 잡음제거와 무호흡 신호의 잡음제거를 보여주고 있다.

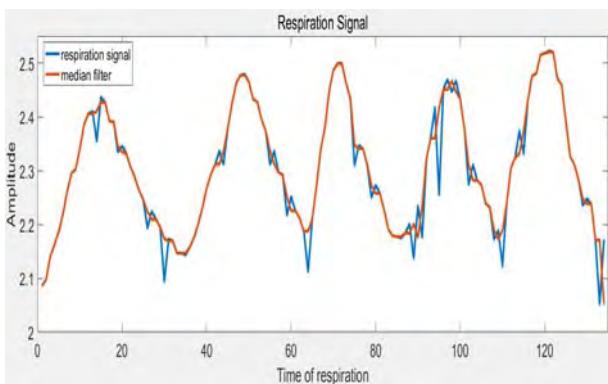


그림 3. 중간값 필터를 적용한 호흡신호 잡음제거

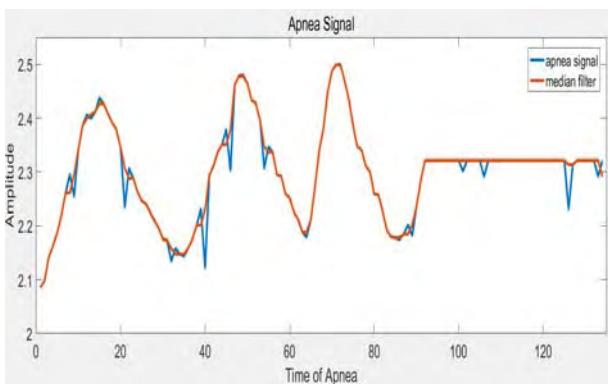


그림 4. 중간값 필터를 적용한 무호흡신호 잡음제거

$r(t)$, $f(r(t))$, $a(t)$, $g(a(t))$ 를 각각 호흡신호, 필터적용 후 노이즈 감소된 호흡신호, 무호흡신호, 필터적용 후 노이즈 감소된 무호흡 신호로 정의할 때, 각각의 신호끼리의 상관계수(correlation coefficient) c , ($0 \leq c \leq 1$)는 표 1에 제시되어 있다.

표 1. 호흡상태 간의 상관계수

	$r(t)$	$f(r(t))$	$a(t)$	$g(a(t))$
$r(t)$	1.0000	0.9770	0.7601	0.7823
$f(r(t))$	0.9770	1.0000	0.8046	0.8025
$a(t)$	0.7601	0.8046	1.0000	0.9581
$g(a(t))$	0.7823	0.8025	0.9581	1.0000

표 1에서 제시되어 있듯이, 정상 호흡 상태와 무호흡 상태 간의 분류를 하기 위해 상관관계 계수를 계산하였으며, 상관계수가 호흡 상태를 분류하기에 적합함을 보여주고 있다. 본 실험에서는 약 50회의 호흡 신호를 측정하였고, 표 1에 기입된 값은, 측정된 모든 상관계수들의 평균값이다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 신호처리 기법 중 가장 간단하면서 직관적으로 활용할 수 있는 상관관계를 활용하여 신호를 분류하는 기법을 호흡상태 분류에 적용하였다. 인간의 무호흡 상태는 과거보다 현재로 오면서 더욱 심각한 질환으로 인식되고 있고, 발생 빈도 또한 높아지고 있다. 본 논문에서는 호흡상태의 감지 및 분류를 통하여 호흡 상태를 선제적으로 감지하고 분류하여 판단할 수 있는 알고리즘을 구현하고자 하였다. 상관관계를 활용한 방법을 통한 호흡상태 분류는 유의미한 결과를 보여주고 있으며, 향후에는 호흡 신호로부터 특징을 추출하여 효율적으로 호흡 상태를 판단할 수 있는 방법을 연구하고자 한다.

Acknowledgement

이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (2016-0-00564, 사용자의 의도와 맥락을 이해하는 지능형 인터랙션 기술 연구개발)

참고문헌

- [1] 김범훈, 강희선, 변재영, IR-UWB 레이더를 활용한 사람의 호흡 신호 해석, 한국통신학회 2016 추계학술대회, 2016
- [2] 고인창, 박형철, IR-UWB 레이다 기반의 무호흡 검출 및 호흡수 측정, 한국전자전파학회논문지, 제 28 권 제 10호, pp. 802-809, 2017
- [3] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, 3rd Edition, PEARSON, 2010
- [4] R. Schafer, What Is a Savitzky-Golay Filter? [Lecture Notes], IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 28, No. 4, pp. 111-117, 2011
- [5] D. Widjaja, C. Varon, A. Dorado, J. A. K. Suykens and S. Huffel, Application of Kernel Principal Component Analysis for Single-Lead-ECG-Derived Respiration, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 59, No. 4, pp.1169-1176, 2012
- [6] J. Luo, K. Ying and J. Bai, Savitzky - Golay smoothing and differentiation filter for even number data. Signal Processing, Vol. 85, No. 7 pp. 1429-1434, 2005
- [7] J. P. Lewis, Fast Template Matching, Vision Interface, Vol. 95, No. 120123, pp.15-19, 1995.