

코골이 신호의 카오틱 신호 분석에 관한 연구

추연규* · 강성수* · 김봉기*

*진주산업대학교

A study on the chaotic analysis of snoring signal

Yeon-Gyu Choo* · Sung-Soo Kang* · Bong-Gi Kim*

*Jinju National University

E-mail : ygchoo@jinju.ac.kr

요 약

현재 코골이를 방지하는 위한 기구로는 양압 산소호흡기, 스프레이, 전기자극기, 수술, 구강내 보조기구가 있으나 개인용으로 사용하기에는 가격이 너무 고가이어서 일반적인 코골이 환자에게 적용하기에는 무리가 있으며 사용자에게 따라 부작용의 위험이 있다. 본 논문에서는 정확하고 안정적인 코골이 신호인식을 위해 시계열 분석방법을 통해서 선형적인 성질보다 비선형적인 성질이 강한 코골이 신호의 카오틱 신호 유무를 해석하였다. 본 논문에서 사용한 시계열 데이터는 30대 성인남자로부터 수면시간 6시간중중 발생하는 코골이 음성신호를 마이크를 통해 샘플링 주파수 22kHz, 모노 형태로 수집한 것이다. 위상공간의 궤적 분석, 매입차원에 의한 상관적분 분석, 파워 스펙트럼과 자기상관함수 분석 등의 정량 및 정성적 분석방법을 통해서 수집한 코골이 신호의 분석결과 신호가 부분적으로 주기적 성질을 가지는 카오스 신호임을 확인하였다.

키워드

코골이, 신호인식, 카오스, 시계열

1. 서 론

코골이는 숨쉬는 동안 공기의 흐름으로 인하여 발생하는 잡음으로 구개, 혀, 인두 근육들의 긴장이 충분치 못하거나 큰 편도 및 연구개와 목젓이 지나치게 길 때, 그리고 코의 변형이나 비중양 등으로 해부학적 혹은 기능적인 협착이 있을 때 흡기동안 음압이 형성되어 기도의 늘어진 조직들을 끌어당기게 되고 진동하여 발생하는 현상이다. 최근 수면에 대한 연구가 진보함에 따라 심한 코골이 환자의 경우 잠을 자도 잔 것 같지 않은 피곤함, 상쾌한 수면의 결핍 등을 호소하며, 비슷한 연령과 체중을 가진 코를 골지 않는 사람들에 비해서 혈압이 높고 고통스러운 발작과 협심증을 가져서 코골이가 심혈관계 질환의 위험인자로 작용할 수 있다고 알려졌다. 더불어 심하고 장기간에 걸친 코골이는 상기도 폐쇄에 의한 만성폐포 저환기를 해소하기 위해 수면 분절적인 각성을 요하는 수면장애, 즉 폐쇄성 수면 무호흡증으로의 진전과 관련되어 관심을 끌고 있다.

코골이에 대해 효과적으로 대응할 수 있는 다양한 의료기술들이 현재 소개되고 있다. 특히 수면자세 교정, 체중감량, 술과 약물 복용의 절제, 호흡장치에 의한 비수술적인 요법에서부터 좁아진 기도를 레이저, 고주

파로 확장하는 수술적 요법이 대표적인 예이다. 특히 비수술적 요법 중 수면자세 교정이 일반적인 코골이 환자에게 권장되는 가장 경제적이며 효과적인 방법으로 알려져 있다.

현재 코골이를 방지하는 위한 기구로는 양압 산소호흡기, 스프레이, 전기자극기, 수술, 구강내 보조기구가 있으나 개인용으로 사용하기에는 가격이 너무 고가이어서 일반적인 코골이 환자에게 적용하기에는 무리가 있으며 사용자에게 따라 부작용의 위험이 있다. 이처럼 대표적인 증상으로서 코골이의 발생 여부를 확인하는 것은 중요하기 때문에 코골이 검출 알고리즘을 개발하기 위한 노력이 꾸준히 지속되어 왔다.

현재 코골이 인식과 관련하여 현재 양압산소호흡기 마스크의 공기압력변화 신호로부터 FFT를 통한 주파수 특성을 검출하여 신경망에 입력함으로써 코골이를 검출하는 연구, 단순 FFT로부터 얻은 주파수 특성을 이용하여 코골이를 검출하는 연구, 분산을 이용해 구간을 검출하고 신경망을 이용해 코골이를 검출하는 연구, 오류역전과 신경망을 이용하여 코골이 검출 알고리즘 연구 등이 진행되어 왔다.

본 논문에서는 정확하고 안정적인 코골이 신호 인식을 위해 시계열 분석방법을 통해서 선형적인

성질보다 비선형적인 성질이 강한 코골이 신호의 카오틱 신호 유무를 해석하였다. 본 논문에서 사용한 시계열 데이터는 30대 성인남자로부터 수면 시간 6시간중중 발생하는 코골이 음성신호를 마이크를 통해 샘플링 주파수 22kHz, 모노 형태로 수집한 것이다. 위상공간의 궤적 분석, 매입차원에 의한 상관적분 분석, 파워 스펙트럼과 자기상관함수 분석 등의 정량 및 정성적 분석방법을 통해서 수집한 코골이 신호의 분석결과 신호가 부분적으로 주기적 성질을 가지는 카오스 신호임을 확인하였다.

II. 코골이 신호의 카오틱 신호 분석

2-1. 시계열 신호

일반적으로 시계열 분석 방법은 시간의 경과에 따른 과거의 시스템 변화가 미래에도 계속된다는 전제 하에 시스템의 상태변화 예측을 위해 사용된다. 상태변화가 주기성을 갖는다면 시스템의 모델링을 통한 정확한 예측이 가능해진다. 따라서 시간의 경과가 가장 중요한 변수가 되며, 시간에 따른 코골이 환자의 신호가 가지는 비주기적이면서도 카오스적인 성질을 분석한다.

시계열 분석방법은 급격한 변화가 없는 경우 적절하게 사용되어질 수 있으나 코골이 신호 특성상 남녀 성별차이, 연령, 코골이의 중대원인이 되는 질병의 유무 등과 같은 변수가 있는 경우에는 정확하지 못하다. 따라서 시계열 분석방법을 통해서 선형적인 성질보다 비선형적인 성질이 강한 코골이 신호의 카오틱 신호 유무를 해석하는데 사용한다.

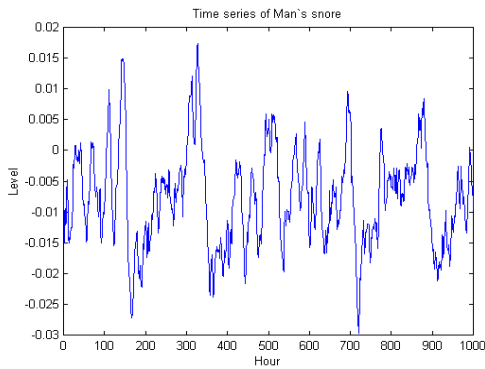


그림 1. 성인남자의 시계열 데이터

그림 1에 나타난 시계열 데이터는 시간에 따른 코골이 신호의 변화의 일부를 나타내며, 횡축에서 시간 변화에 따른 신호 크기의 변화와 잡음신호와 구분되는 간헐적인 주기성을 관찰할 수 있다.

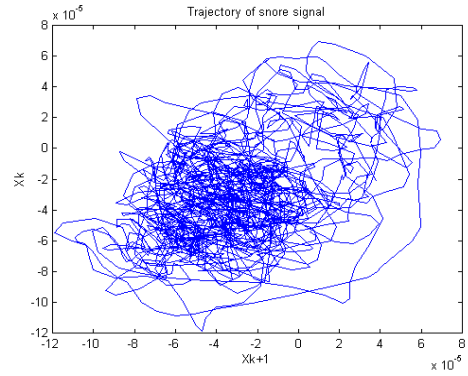


그림 2. 시계열 데이터의 어트랙터

시계열 데이터의 어트랙터를 위상공간에 표현하면 그림 2와 같으며, 여기서 횡축과 종축은 시간지연을 고려한 시간별 위상공간상의 상태값을 나타낸다. 또한 어트랙터의 형태를 관찰해볼 때 주기적인 신호와는 확연히 구분이 되며 잡음신호에서 관찰되는 위상공간 전체에 걸친 임의적인 상태 분포는 확인할 수 없다. 추가적인 정량분석과 정성분석을 통해 카오스 성질의 존재유무는 명확해질 수 있다.

2-2. 정량적 분석

본 논문에서 정량적 분석방법으로 사용된 상관차원(Correlation Dimension)은 일차원적 벡터 형태의 데이터로 구성된 시계열 신호를 매입차원(Embedding Dimension)으로 재구성한 후 범위 내의 반경을 변화시켜 가면서 반경 내의 궤적들 간의 간섭도를 이용하여 획득한다. 상관차원의 정밀도를 위해 msec 단위로 획득된 시계열 데이터를 사용하였다. 표 1은 매입차원을 1에서 6까지 변화시키면서 획득된 상관차원을 나타낸 것이며, 그림 3은 상관차원을 획득하기 위한 상관적분(Correlation Integral)을 그래프로 나타낸 것이다.

표. 1. 매입차원에 따른 시계열 데이터의 상관차원

구분	1	2	3	4	5	6
Power	0.8253	1.6950	2.3943	2.4373	2.2468	1.8763

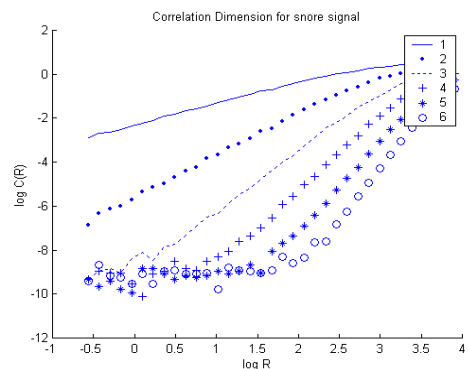


그림 3. 시계열 데이터의 상관적분

시뮬레이션 결과, 그림 3과 같이 상관적분의 정상상태에 도달하는 반경이 매입차원에 따라 현격한 차이가 있음을 알 수 있으며, 일반적인 잡음 신호에서 관찰할 수 있는 급격한 상관차원 변화는 관찰할 수 없었다. 따라서 본 논문에서 사용하는 시계열 데이터는 잡음적인 성질보다는 카오스적인 성질을 강하게 나타냄을 알 수 있다.

2-3. 정성적 분석

시계열 신호의 카오스적인 성질을 분석하기 위해 사용하는 정성적 분석의 대표적인 방법은 주파수 평면상의 에너지 분포를 통해서 카오스 성질을 분석하는 파워 스펙트럼(Power Spectrum) 분석법이다. 주기적인 시계열 신호는 파워 스펙트럼 관찰시 특정 주파수에 집중되고, 순수한 잡음 신호는 주파수 전 구간에 걸쳐 에너지가 분포되는 반면 카오스는 에너지 밀집형태가 주기적인 신호와 잡음 신호의 중간으로 비교적 좁은 영역에서 에너지가 분포된다. 그림 4는 시계열 데이터로부터 획득한 파워 스펙트럼을 나타낸 것으로, 일부 영역에 에너지가 집중되어 분포하는 카오스 성질을 다분히 나타내고 있음을 알 수 있다.

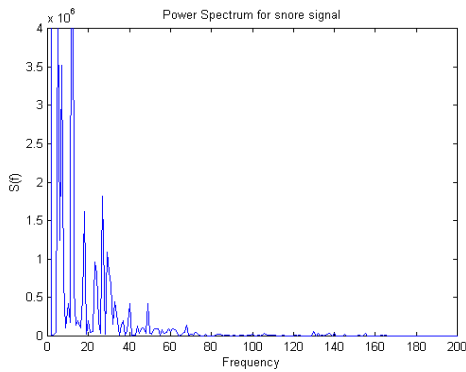


그림 4. 시계열 데이터의 파워 스펙트럼

주기적인 신호와 비주기적인 신호를 명확하게 구분할 수 있는 분석방법으로 자기상관함수(Auto-correlation Function)을 사용한다. 주기성을 가지는 신호는 명확한 구분이 되나, 잡음 신호와 카오스 신호를 자기상관함수로 비교해보면 구분이 명확하지 않아서 신호를 구분하는데 어려움이 있다. 그림 5는 시계열 데이터의 자기상관함수를 나타낸 것으로, 잡음과의 명확한 구분은 어려우나 자기상관함수의 평균값이 잡음보다는 높다는 것이 확인되었다.

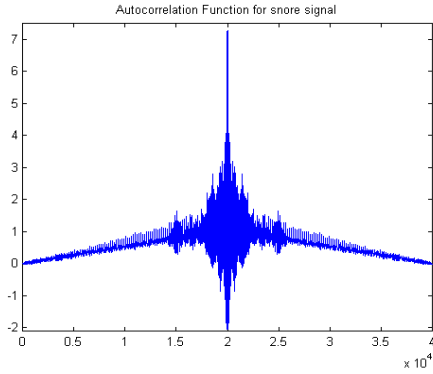


그림 5. 시계열 데이터의 자기상관함수

III. 결 론

획득된 시계열 데이터의 카오스 성질 존재여부를 확인하기 위해 정량 및 정성적인 분석방법을 이용하였다. 시계열 데이터가 카오스 성질을 가지는 경우에는 간헐적으로 주기성을 나타내는 특성을 이용하여 코골이 신호 등의 검출이 가능해진다. 앞에서 언급한 위상공간의 어트랙터 분석, 매입차원에 의한 상관차원 및 상관적분 분석, 파워 스펙트럼과 자기상관함수 분석 등의 정량 및 정성적 분석방법을 통해서 획득된 코골이 신호는 간헐적으로 주기성을 제공하는 카오스 신호로 확인되었다.

참고문헌

[1] T. Parker and L. Chua, "Chaos: A Tutorial for Engineers", Proc. of the IEEE, Vol.175, No.8, pp. 982-1008, 1987
 [2] T. Shinbrot, C. Grebogi, E. Ott & J. York, "Using Small perturbations to control chaos", Nature, Vol.1363, pp. 411-417, 1993.
 [3] H. Y. Kim, H. J. Park, K. S. Park. "Real-Time Analysis of Snoring in Polysomnographic Recording". IEEE. pp.885. 1999.