

퍼지 추론을 이용한 REM의 자동 검출 : 기면증과 정상수면의 REM 분포 연구

박해정*, 한주만*, 최미혜*, 정도연**, 박광석***

* 서울대학교 대학원 협동과정 의용생체공학전공, 서울대학교 의공학 연구소

**서울대학교 의과대학 정신과학교실

***서울대학교 의과대학 의공학교실

Automatic Detection of Rapid Eye Movement Distribution in Narcoleptic and Normal Sleep Using Fuzzy Logic

H.J. Park*, J.M. Han*, M.H. Choi*, D.U. Jeong**, K.S. Park***

*Interdisciplinary Program of Medical and Biological Engineering Major, Seoul Nat'l Univ.

**Dept. of Psychiatric Science, College of Medicine, Seoul Nat'l. Univ.

***Dept. of Biomedical Engineering, College of Medicine, Seoul Nat'l. Univ.

ABSTRACT

In this paper we suggested an automated method for detecting and counting rapid eye movement(REM) using EOG during sleep. This method is formulated by two step fuzzy logic. At first step, the velocity and the distance of single channel eye movement are used for the fuzzy input to get the possibility of being REM at each EOG. At second step, the two possibility values of both EOG from the first step and the correlation coefficient of both eye movements are used for the fuzzy logic input, and the output is the final possibility of being Rapid Eye Movement.

We applied this algorithm to the normal and narcoleptic sleep data and compared the difference. We found the possibility that the count of REM can be a parameter that has significant physiological meanings.

서 론

수면에서 렘 단계는 하나의 상태가 아니라 급속한 안구운동이 있고 심전도의 변화가 심한 P-REM 단계와 안구 운동이 없는 T-REM 두 단계로 구분하는 것이 일반적으로 받아들여지고 있다. 렘 단계에서 급속한 안구운동(Rapid Eye Movement, 이하 REM)의 분포는 분산되어 나타나는데 영역에 따라 발생횟수가 높은 구간과 전혀 나타나지 않는 구간이 있다. 이러한 렘 단계에서의 REM의 발생빈도는 생리적인 상관성과 연관이 있을 것이라는 견해가 지배적이다[1].

이러한 안구운동의 발생빈도를 구하기 위해서 기록지에서 수작업으로 REM을 찾아내는 것은 상당히 많은 시간이 요하는 작업이므로 자동 검출 알고리즘이 절대적으로 요청된다. 또한 수면단계의 자동 판단을 위해서도 REM의 자동 검출은 필수적이다.

이에 따라 본 연구에서는 퍼지 추론을 이용한 REM 자동 검출 알고리즘을 설계하고 이를 이용하여 정상 수면과 기면증 환자에 적용하여 렘의 빈도가 생리적 지표로서의 가능성을 살펴보고자 한다.

방 법

렘 검출을 위해 사용한 데이터는 수면다원검사실에서 GRASS 증폭기를 통과한 안전도 신호를 측정 한 것으로서 16 bit, 250 Hz로 샘플링한 신호이다. 이를 125 Hz로 down sampling 하여 계산에 사용하였다. 렘의 자동 검출 과정은 다음과 같다.

Step 1. 전처리 과정

안전도를 통해 안구운동의 속도를 구하기 위해서는 일차미분을 하게 된다. 이를 위해 안전도 신호에 섞여 있는 고주파 잡음들을 제거해 줄 필요가 있다. 본 연구에서는 smoothing 필터를 사용하였는데 125 Hz 샘플링한 안전도 데이터에서 잡음의 분포가 대부분 10 Hz 이상에 존재하기 때문에 주파수 응답을 통해 10 점을 차수로 설정하였다.

다음으로 안전도에 영향을 주는 심전도 간섭이 있는 경우 이를 제거하는 일고리듬으로 AR pruning 방법을 사용하였다.

Step 2. 후보 구간 설정

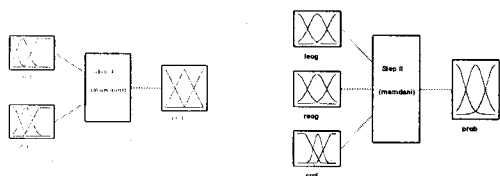
수면 중에 안전도에서는 드리프트로 인하여 포화 구간이 발생하기도 하므로 이를 계산에서 배제하기 위해 드리프트 테스트 일고리듬을 수행하였다. 또한 30 초 폭을 단위로 하는 왼쪽과 오른쪽 양 안전도의 상관계수를 구하였다. 렘 수면의 기본 특징은 안구운동이 negative phase를 가지는 것인데 양의 상관관계가 나타나는 구간은 계산에서 배제하였다.

다음으로 왼쪽 안전도(이하 LEOG)와 오른쪽 안전도(이하 REOG)를 각기 1차 미분하여 안구운동의 속도를 구하였다. 구한 안구운동 속도에서 기준 역치를 만족하는 구간을 후보 대상으로 선정하였다.

Step 3. 퍼지 추론

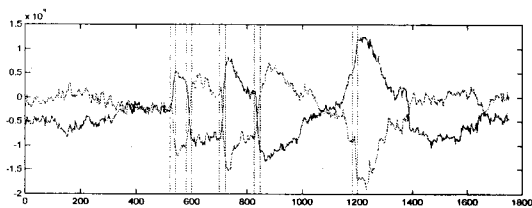
각 후보 구간의 신호에서 패러미터를 추출하여 두 단계의 퍼지 추론을 하였다. 첫 단계는 단일 채널 안전도 신호의 이동 속도와 이동 거리를 입력으로 하여 단일 채널 신호가 REM일 확률을 출력으로 하는 퍼지 추론기이고 두 번째 단계에서는 왼쪽 안전도의 REM일 확률과 오른쪽 안전도의 REM일 확률, 각 안전도의 상관계수를 입력으로 하고 출력으로 해당 구간이 REM일 확률을 나타내는 퍼지

추론기를 설계했다. [그림 1]은 1 단계, 2 단계 퍼지 추론기의 구조이다.



[그림 1] 1 단계, 2 단계 퍼지 추론기

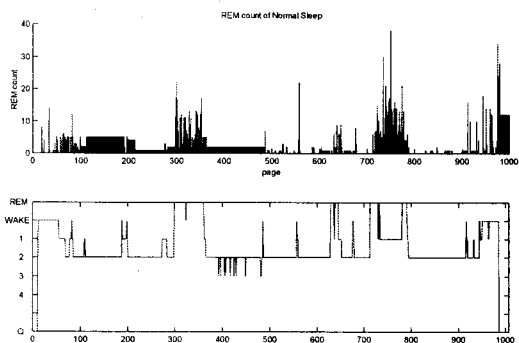
2 단계 추론에서 확률이 60 % 이상인 구간을 램으로 검출하도록 설계하였다. [그림 2]는 위의 알고리즘을 테스트한 결과이다.



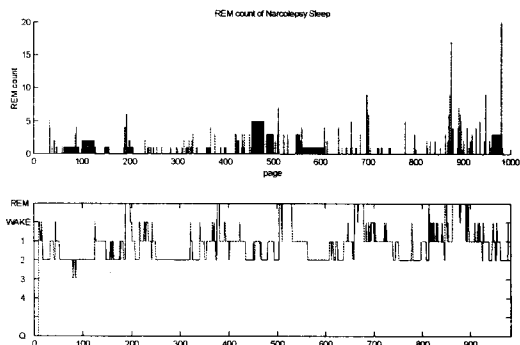
[그림 2] 테스트 결과

위의 알고리즘을 정상인과 기면증환자에게 적용하여 각 스테이지에 따른 램의 빈도를 구하였다.

[그림 3]은 정상 수면에서의 램의 빈도와 수면단계를 나타낸 것이고 [그림 4]는 기면증 환자의 수면에서 램의 빈도와 수면단계를 나타낸 그림이다.



[그림 3] 정상 수면



[그림 4] 기면증 환자의 수면

위의 그림에서 수면이 진행함에 따라 램의 빈도가 램단계에 비례하여 증가하는 경향을 보인다. 램단계에서 램의 분포에 대한 정상인과 기면증 환자의 차이에 대한 보다 정밀한 연구가 요구되어진다.

토 의

본 연구에서 퍼지 로직을 이용하여 급격 안구운동을 검출하는 알고리즘을 제안하고 이를 정상인과 기면증 환자에게 적용시켜 보았다.

퍼지 추론을 2 단계로 하여 첫 단계에서는 개별적인 안구운동을 다음단계에서는 양쪽 눈의 종합적인 안구운동을 판별하는데 사용하였는데 비교적 합리적인 방법이라고 생각한다.

자동 검출 알고리즘에서 아티팩트 구간에 대해 보다 강인한 알고리즘이 설계되어야 하고 멤버쉽 함수를 보다 적절하게 구성되도록 보완되어야 할 것이다.

REM 분포 분석을 더 많은 데이터에 적용하여 생리적 특징을 반영하는 적절한 패러미터로서의 가능성 검토는 지속되어야 할 부분이라 생각한다.

참 고 문 헌

[1]I. S. Gopal and G. G. Haddad, "Automatic detection of eye movements in REM sleep using the electrooculogram", Am. J. Physiol., vol. 241(3), pp. 217-221, 1981
 [2]P.Y. Ktonas, J.R. Smith, "Automatic REM detection: modifications on an existing system and preliminary normative data", Int. J. Biomed. Comput. Vol. 9(6), pp. 445-464, 1978.
 [3]G. M. Hatzilabrou, N. Greenberg, R. J. Scwabassi, T. Carroll, R. D. Guthrie, and Mark S. Scher, "A Comparison of Conventional and Matched Filtering Techniques for Rapid Eye Movement Detection of the Newborn", IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 41(10), pp. 990-995, 1994