

졸음현상과 관련된 EEG신호의 주파수대역의 특성

장운석* · 이슬이** · 류수아***

Characteristics of Frequency Band on EEG Signal Causing Human Drowsiness

Yun-Seok Jang* · Seul-Lee Lee* · Soo-Ah Ryu*

요 약

본 논문에서는 인간의 졸음에 대한 특성을 관찰하기 위해 뇌파를 계측 및 분석하였다. 인간으로부터 발생되는 뇌파 즉 EEG신호를 계측하여 주파수 대역에 따라 분석하는 것을 기본적인 방법으로 한다. 흔히 각성, 폐안 및 수면에 접어들 때와 관련이 있는 뇌파는 알파파로 알려져 있다. 따라서 본 논문에서는 졸음과 관련된 분석 주파수대역을 알파파대역으로 한정하여, 알파파대역 중에서도 어떤 주파수성분이 졸음과 더 밀접한 관련이 있는지 파워 스펙트럼 분석법을 이용하여 관측한 결과를 제시하였다.

ABSTRACT

We measured and analyzed the brain waves to observe the characteristics of human drowsiness. The basic method is to analyze the EEG(Electroencephalography) signals from subjects according to the frequency bands. It has been reported that alpha waves are related to a wakefulness state, an eye closure state and a state that begins to sleep. In this study, therefore, we restricted the frequency band for analyzing to between 8 and 13Hz called brain's alpha waves. We observed which components had a stronger influence on human drowsiness among the restricted frequency band and represented the experimental results to analyze using the power spectrum method.

키워드

EEG, Drowsiness, Frequency Band, Alpha Wave, Power Spectrum
뇌파, 졸음, 주파수 대역, 알파파, 파워 스펙트럼

1. 서 론

최근 교통사고의 원인으로 분석된 통계를 확인하면, 교통사고 원인의 가장 큰 이유는 졸음운전이라는 분석 결과가 나와 있다. 졸음운전이 위험한 이유는 자신에게 닥친 위험한 순간에 대하여 자각하지 못하기 때문이다. 한 조사 보고서에 의하면 24시간 수면을 취

하지 않고 운전을 하게 되면, 운전면허가 취소될 수 있는 0.17%의 혈중 알콜 농도로 취중 운전하는 것과 같은 정도로 위험하다고 기술되어 있다.

졸음운전의 경우는 졸음에 대한 한 가지 재해를 예로 든 것일 뿐, 최근 재해에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[1, 2]. 그만큼 인간의 안전에 대한 예방이나 방지책 또한 하나의 연구 분야로 떠오르게 되었다

* 교신저자(corresponding author) : 부경대학교 전기공학과(jangys@pknu.ac.kr)

** 부경대학교 전기공학과(kis1116@hanmail.net)

*** 부경대학교 정보통신공학과(ryusooah@naver.com)

접수일자 : 2013. 04 12

심사(수정)일자 : 2013. 05. 20

게재확정일자 : 2013. 06. 20

는 것이다. 지금까지도 뇌에 관련된 많은 연구들이 진행되어 왔지만[3], 뇌파에 의한 운전자의 졸음과 안전에 대한 평가, 수면 단계의 뇌파해석 및 졸음 시 뇌파의 주파수특성에 대한 연구 등 뇌파 즉 EEG신호와 관련된 졸음현상에 대하여 많은 발표논문이 있었다[4-8].

본 논문은 인간의 졸음에 대한 신호를 뇌파로부터 발견할 수 있는 가능성을 목표로 하여 진행된 뇌파실험 결과를 제시한 것이다. 우선 인간에게서 발생하는 뇌파 중에서 각성상태, 폐안상태 및 수면에 진입하는 상태와 가장 밀접한 관련이 있는 것으로 알려진 뇌파 성분인 알파파를 분석 대상으로 하였다. 또한 각성상태에서 졸음상태로 진행되는 과정에서 유발되는 뇌파를 관찰하며 파워 스펙트럼으로 분석한 결과를 비교해 보았다. 결과적으로 각성상태에서 졸음상태로 진입하는 과정에서 유발되는 뇌파성분에서는 알파파의 주파수대역을 둘로 나눌 때 높은 주파수대역에 해당하는 성분이 보다 크게 나타나는 것으로 확인되었다. 따라서 본 논문에서는 피험자의 졸음구간의 순서에 따른 파워 스펙트럼의 크기를 비교하여 알파파 중에서 고주파대역(10~13Hz)과 저주파대역(8~10Hz)의 영향 및 그 중에서도 졸음상태에 가장 크게 영향을 미치는 주파수성분을 조사한 분석결과를 제시하였다.

II. 본 론

2.1 뇌파 실험 방법

본 연구에 참가한 5명의 피험자들은 기본적으로 정신적 및 인지적 병력이 없는 만 21세에서 25세 사이의 건강한 남성들이다. 피험자들에게는 졸음에 대한 실험임을 미리 알려서, 실험 중에 졸기는 하지만 수면에 들지는 않으려는 의지를 가지도록 하였다.

피험자들에게 졸음을 유발시키기 위해서는 사전에 촬영된 동영상을 사용하였다. 동영상은 편도 2차선의 고속도로를 주행할 때 운전석에서 촬영된 것으로, 직선구간 촬영 장면만을 편집하여 사용함으로써 졸음이 유발되기 쉽도록 하였다.

실험 시에 피험자들에게는 졸음 유발 동영상을 30분 동안 보여주어 졸음을 유발하도록 하였고, 피험자의 뇌파는 10-20 국제 전극 배치법에 따라 정해진 위

치의 채널 중에서 그림 1과 같이 F₃, F_z, F₄, C₃, C_z, C₄의 위치에 전극을 부착하여 측정하였다[9]. 뇌파계를 사용하여 뇌파를 계속하는 것과 동시에 피험자의 측면에는 캠코더를 설치하여 피험자의 졸음상태를 관찰할 수 있도록 하였다. 뇌파계측실험이 종료된 다음에는 피험자의 상태를 캠코더로 체크하여 분석할 피험자의 상태를 분류하였다. 이것은 피험자의 졸음상태구간을 시간적으로 구분 및 확인하고, 그에 따른 뇌파 분석 구간을 시간적으로 설정하기 위한 것이다. 최종적으로 뇌파분석 구간에서 측정된 뇌파 신호는 FFT를 이용한 파워 스펙트럼(power spectrum)법으로 분석한다.

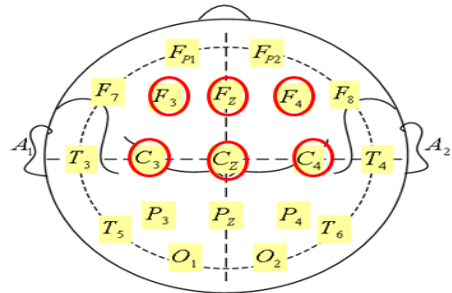


그림 1. 뇌파분석에 사용된 전극의 위치
Fig. 1 Electrode location on EEG signal analysis

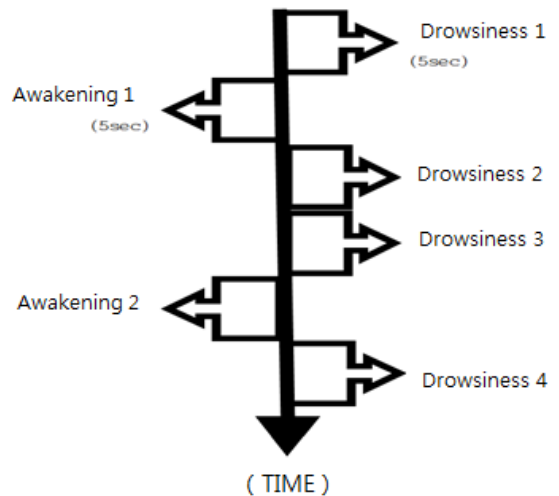


그림 2. 뇌파분석구간의 구성
Fig. 2 Section about state of a subject

실험시간에 따른 피험자의 졸음횟수는 피험자마다 다르지만, 졸음상태마다의 분석구간을 동일시간으로 구분하였고, 졸음상태와 졸음상태 사이의 각성상태 구간도 확인하여 뇌파분석 구간을 구분하여 두었다. 아울러 분석구간은 5초 단위의 시간으로 설정하였다. 그림 2는 시간에 따라 랜덤하게 나타나는 졸음 및 각성상태 즉 뇌파분석 구간을 나타낸 것이다.

2.2 뇌파 분석 결과

본 연구에서는 각 피험자의 졸음 및 각성상태가 반복되는 과정의 뇌파를 30분 동안 계속해서 뇌파계를 이용하여 측정하면서 그 과정을 촬영한 동영상을 확인하여 분석구간을 설정하였다. 졸음상태는 졸음에 의해 피험자의 눈이 감기기 시작하는 순간을 기준으로 하였고, 각각 5초 단위로 뇌파분석 구간을 설정하였다.

각각의 졸음구간에서 계측된 뇌파는 피험자의 두피에 부착하였던 6개의 전극위치를 채널로 구분하여 분석하였다. 아울러 각 채널에서 계측된 뇌파 즉 EEG 신호에서는 알파파의 주파수대역(8~13Hz)을 분석대상으로 정하였다. 또한 5Hz의 주파수대역폭을 가지고 있는 알파파를 저대역(8~10Hz)과 고대역(10~13Hz)으로 구분하여 분석하였다. 본 논문에서는 알파파의 고대역과 저대역 파워 스펙트럼은 다음과 같은 식으로 나타내었다.

$$P_{LA} = \int_{8Hz}^{10Hz} P(f)df \quad (1)$$

$$P_{HA} = \int_{10Hz}^{13Hz} P(f)df$$

위의 식 (1)과 같이 알파파의 주파수대역을 저대역(8~10Hz)과 고대역(10~13Hz)으로 구분한 파워 스펙트럼 P_{LA} 와 P_{HA} 를 졸음구간에 따라 분석하여 비교한 것이 그림 3이다. 그림에서 점선으로 표시한 것은 알파파의 저대역 파워 스펙트럼 P_{LA} , 실선으로 표시한 것은 고대역 파워 스펙트럼 P_{HA} 를 나타낸 것이다.

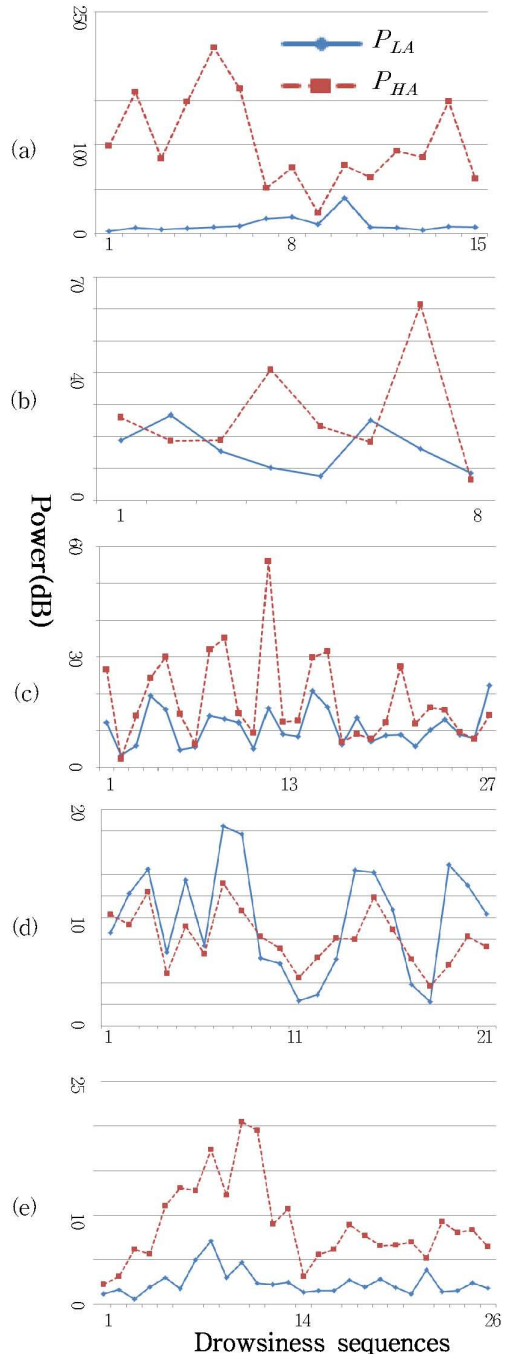


그림 3. 졸음구간 순서에 따른 파워의 변화
Fig. 3 Power by each drowsiness

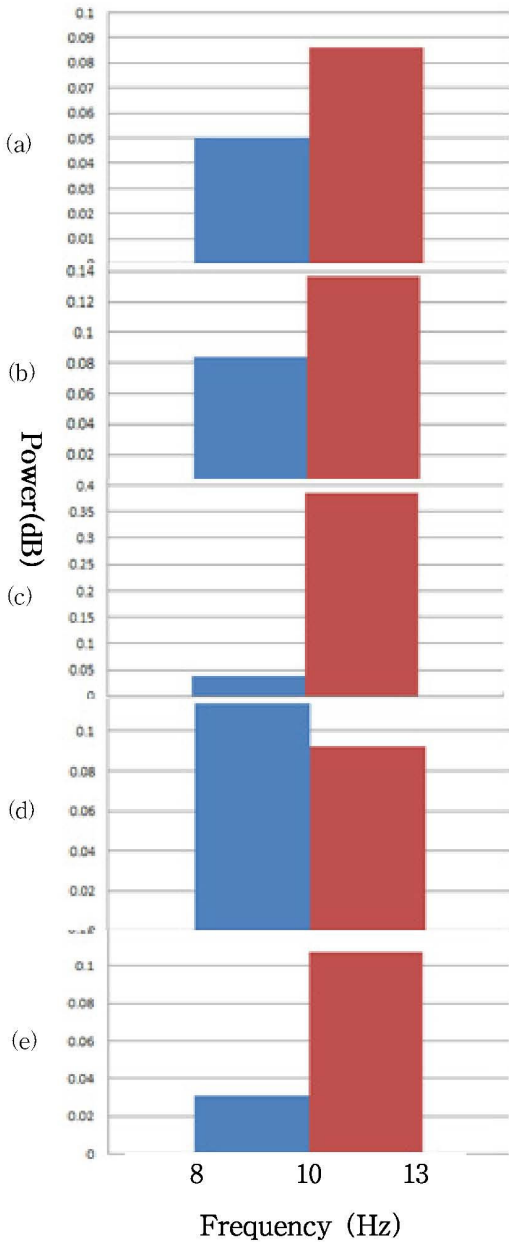


그림 4. 피험자의 P_{HA} 와 P_{LA} 의 비교
Fig. 4 Comparison between P_{HA} and P_{LA}

그림 3은 알파파의 고대역과 저대역의 파워를 졸음 구간 즉 시간에 따라 나타낸 결과이다. 그림과 같이 시간에 따른 파워의 변화를 비교분석하면, 전체 졸음 구간 횡수의 80.70%에 해당되는 구간에서 $P_{HA} >$

P_{LA} 로 나타난다는 사실을 확인할 수 있다. 그림 4(a)~(e)는 각각의 피험자에 대한 P_{HA} 와 P_{LA} 를 서로 비교한 것이고, 그림 5는 각각의 피험자에 대한 P_{HA} 와 P_{LA} 를 평균값으로 계산하여 비교한 것이다. 그림 4와 5에서 제시한 뇌파 분석결과에서도 인간의 뇌파 중에서 알파파의 고대역인 10~13Hz의 성분을 가진 EEG 신호가 졸음에 가장 큰 영향을 미치는 뇌파성분이라는 사실을 확인할 수 있다.

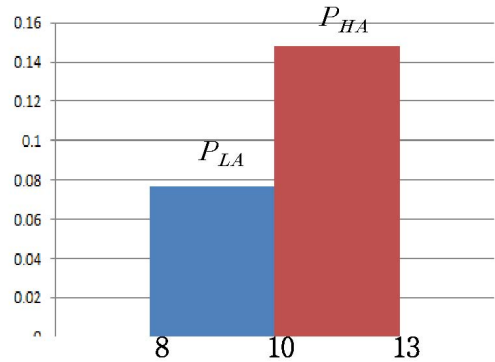


그림 5. P_{HA} 와 P_{LA} 의 평균치 비교
Fig. 5 Comparison between average of P_{HA} and average of P_{LA}

다음에는 졸음현상에 영향을 미치는 뇌파성분을 보다 세밀하게 분석하기 위하여 알파파대역인 8~13Hz를 각각 1Hz간격의 폭으로 분석구간을 설정하여 각 대역에서의 파워 스펙트럼을 분석하였다. 이 때, 각 대역의 파워 스펙트럼은 P_1 (8~9Hz), P_2 (9~10Hz), P_3 (10~11Hz), P_4 (11~12Hz) 및 P_5 (12~13Hz)와 같이 나타내었다.

그림 6(a)~(e)는 알파파의 대역을 1Hz간격으로 나누어 분석한 파워 스펙트럼 P_1, P_2, P_3, P_4 및 P_5 를 피험자 별로 나타낸 것이고, 그림 7은 총 피험자에 대하여 1Hz간격으로 나누어진 각 대역의 평균파워를 비교한 것이다. 결론적으로 인간의 졸음에 가장 크게 관여하는 알파파의 성분은 11Hz에서 12Hz간의 주파수대역임을 그림 6과 7에서 확인할 수 있다.

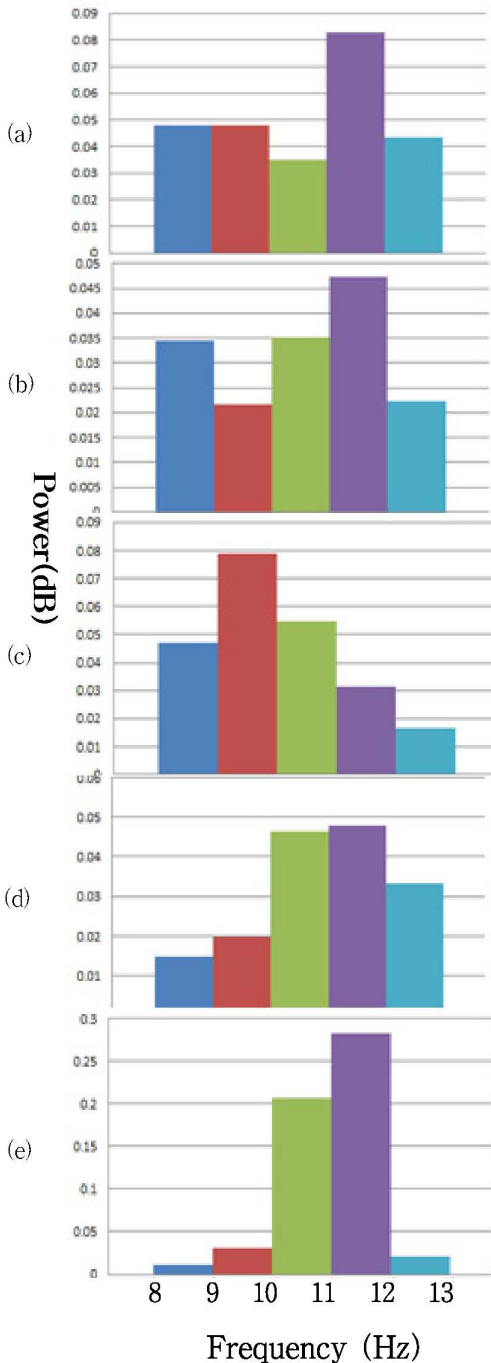


그림 6. 피험자의 P_1 , P_2 , P_3 , P_4 및 P_5
 Fig. 6 Comparison from P_1 to P_5

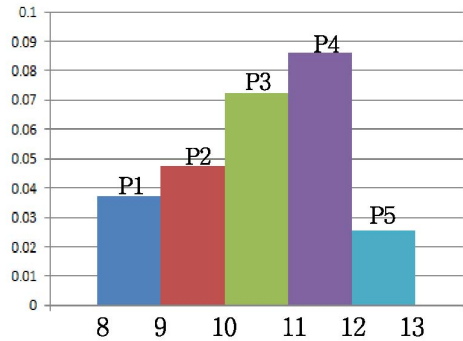


그림 7. P_1 에서 P_5 까지의 평균치 비교
 Fig. 7 Comparison from average of P_1 to average of P_5

III. 결론

본 논문에서는 피험자의 EEG신호를 졸음 및 각성 상태가 반복되는 과정에서 계속하여 5초 간격을 넘겨 분석 구간으로 설정하여 분석한 결과를 제시하였다.

EEG신호 중에서도 인간의 졸음과 가장 관련 있는 성분으로 알려진 알파파 대역을 분석대상으로 하였다. 먼저 알파파를 저대역(8~10Hz)과 고대역(10~13Hz)으로 구분하여 파워 스펙트럼으로 분석한 결과, 알파파의 고대역 파워 P_{HA} 가 저대역 파워 P_{LA} 보다 크다는 사실을 관측하였다. 또한 졸음현상에 영향을 미치는 보다 세밀한 주파수대역을 조사하기 위하여 알파파대역을 1Hz간격으로 나누어 각 대역의 파워 스펙트럼을 비교한 결과, 주파수대역 11~12Hz의 파워 성분 P_4 가 가장 크게 나타난다는 사실을 확인할 수 있었다.

결과적으로 인간의 졸음현상과 관련된 EEG신호 중에서 알파파의 주파수대역에서 나타나는 특성으로 미루어 보아, 졸음현상을 판단하는 데에는 알파파의 고대역을 분석하는 것이 저대역보다는 효율적일 것으로 판단된다. 아울러 알파파 대역 중에서도 11~12Hz의 주파수 성분이 인간의 졸음과 가장 상관성이 높은 EEG신호의 성분인 것으로 추정된다.

본 논문에서는 인간의 졸음현상을 EEG신호로 분석하기 위하여 수행된 실험결과를 제시하였다. 그 결과 졸음현상을 파악하기 쉬운 EEG신호의 주파수대역을 분명히 확인할 수 있었다. 피험자에 따라 EEG신

호가 상이하게 유발될 수도 있으므로 본 논문에서 확인된 두 가지 결과인 알파파의 고대역 파워 및 11~12Hz간의 파워는 동시에 관찰할 필요가 있다고 생각된다. 이와 같은 결과는 졸음을 방지할 수 있는 방법의 개발에 유효한 자료로서 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 2010학년도 부경대학교의 지원으로 수행된 연구임 (PK-2010-090).

참고 문헌

[1] D. H. Kim, Y. K. Jung, and J. H. Choi, "A Simulation program for verify and reappearance of motor vehicle accident", The Journal of the Korea Institute of Electronics Communication Sciences, Vol. 5 No. 1, pp. 1-9, 2010.

[2] E. J. Cho, C. S. Kim, "Prevention of Marine Traffic Disaster and Development Direction for Fishery Information Digital Communication System", The Journal of the Korea Institute of Electronics Communication Sciences, Vol. 3, No. 3, pp. 183-187, 2008.

[3] Y. K. Jung, "A study on Health healing method for incite to the brain of the part of the visual nerve and auditor", The Journal of the Korea Institute of Electronics Communication Sciences, Vol. 3, No. 4, pp. 233-239, 2008.

[4] Picot, A, Charbonnier., S and Caplier, A, "On-Line Detection of Driver Drowsiness Using a Single Electroencephalographic Channel", 30th Annual International IEEE EMBS Conference, pp. 3864-3867, 2008.

[5] Horne, J. and Reyner, L., "Vehicle accidents related to sleep: a review", Occup. Environ. Med., Vol. 56, No. 5, pp. 289-294, 1999.

[6] Acharya U., R., Oliver, F., Kannathal, N., Chua, T. and Laxminarayan, S., "Non-linear analysis of EEG signals at various sleep stages", Computer methods and programs in biomedicine, Vol. 80, pp. 37-45, 1995.

[7] Lin, C., Wu, R., Liang, S., Chao, W., Chen, Y. and Jung, T., "EEG-based drowsiness estimation for safety driving using independent component analysis", IEEE Tans. on circuits and systems, Vol. 52, No. 12, pp. 2726-2738, 2005.

[8] Makeig, S. and Jung, T., "Tonic, phasic, and transient EEG correlates of auditory awareness in drowsiness", Cognitive brain research, Vol. 4, pp. 15-25, 1996.

[9] Sanei, S and Chambers, J, "EEG Signal Processing", John Wiley & Sons, Ltd, pp. 15-16, 2007.

저자 소개



장윤석(Yun-Seok Jang)

1995년 일본 토호쿠(東北)대 대학원 전기 및 통신공학 전공 (공학박사)
1996년~현재 부경대 전기공학과 교수

2001~2002년 일본 산업종합기술연구소 연구원
2008~2009년 미국 펜실베니아 주립대 방문교수
※ 관심분야 : 뇌과학, EEG, 신호처리



이슬이(Seul-Lee Lee)

2012년 부경대 전기공학과 졸업 (공학사)
2012년~현재 부경대 전기공학과 대학원 석사과정

※ 관심분야 : 뇌과학, EEG



류수아(Soo-Ah Ryu)

1990년 부경대 전자공학과 졸업 (공학사)
2007년 부경대 정보통신공학과 대학원 (공학석사)

2013년 부경대 정보통신공학과 대학원(공학박사)
※ 관심분야 : 뇌과학, EEG