

열차 시뮬레이터 운전 환경에 따른 운전자의 뇌파변화에 관한 연구

A Study on Railroad driver's EEG(Electroencephagram) Response in Train Simulator

*장혜연¹, #한창수², 장재호³, 한정수⁴

*H. Y. Jang¹, #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)², J. H. Jang³, J. S. Han⁴

¹ 한양대학교 기계공학과, ²한양대학교 기계공학과, ³한국생산기술연구원 로봇기술연구부, ⁴한성대학교 기계시스템공학과

Key words : EEG, BIO-SIGNAL, Railroad Driver, Train Simulator

1. 서론

최근 고속열차(KTX)는 5주년 생일을 맞았다. 그동안 서울과 부산간의 거리를 3시간권으로 줄이며 국민의 많은 사랑을 받는 국민 교통수단의 하나로 자리매김하고 있다. 고속 열차 시스템과 더불어 서울지역에서만 9개 이상의 지하철 라인을 형성하고 있으며 해외 철도 선진국 못지않은 안전 시설 및 탑승자 편의시설을 제공하고 있다. 하지만 지하철 기관사의 경우 혼자서 운행을 하고 있으며, 아직 서울지하철 1,2,3,4호선의 경우 특별한 상황을 제외하고 모든 기관사가 수동으로 운전하고 있으며, 소음과 진동 방지 시스템등에 의한 기관사의 신체적, 육체적 피로과 과중되고 있다. 실제로 기관사의 인적오류로 인하여 발생하는 열차 사고의 원인은 본인부주의에 의한것이 90%로 근무환경 등 외부 요인에 의한것보다 훨씬 많은 것으로 집계되고 있다. 그동안 자동차 및 항공기 분야에서는 운전자의 심리적인 스트레스 요인 및 그로인한 오류발생 가능성에 대한 연구를 꾸준히 진행해 왔다.

열차 분야에서도 각 속도에 따른 KTX 기관사의 생체신호를 측정하여 속도에 따른 심리적인 스트레스가 어느정도인지를 열차 시뮬레이터를 이용하여 연구한 바 있으며, 자동차 분야에서도 실제와 유사한 자동차 시뮬레이터 및 주변 환경을 유사하게 구현하여 여러 가지 운전 상황에 따른 생체신호 변화에 대해 연구 한 바 있다. 뇌파 (EEG:Electroencephagram), 심전도 (ECG:Electrocardiograph), 피부전도도(GSR:Galvanic Skin Response), 산소포화도 (SpO₂:Saturation percent O₂) 등의 생체신호의 경우 자율신경계 활성 정도에 따라 민감하게 반응하는 생체신호로 이는 정신적인 부담 및 스트레스 부하정도에 따라 변화하므로 기관사의 심리상태를 반영하는 좋은 지표가 될 수 있다.

생체신호를 이용하여 기관사의 심리적인 스트레스 뿐 아니라 육체적인 피로도 측정 가능하다. 실제로 열차 마스콘 (Master Controller) 을 계속 누르고 운행해야 하는 기관사 상지의 근피로도를 측정하기 위해 실제 근전도(EMG:Electromyogram) 를 측정하여 근피로를 후 분석 한 논문이 발표된 바 있다.

이처럼 지난 몇 년간 국내 열차기관사의 인적오류를 감소하기 위한 연구가 꾸준히 진행되고 있으며, 본 연구에서는 지하철의 운행 환경 중 특히 주간운행과 야간운행시의 기관사의 뇌파변화에 대하여 열차 시뮬레이터를 이용하여 측정하였으며, 주간운행 도중 갑작스러운 소음이 기관사에게 미치는 영향에 대하여 측정 실험하였다.

2. 연구목적

본 논문에서는 기관사의 운행 환경 (주/야간운행) 변화에 따른 기관사의 뇌파 변화에 대한 것으로 뇌파의 경우 측정후에 FFT 통하여 후 분석한다. 뇌파는 크게 5개의 파형으로 분리하여 분석하며 그 주파수 영역대에 따라, 알파(α)파, 베타(β)파, 델타(δ)파, 감마(γ)파, 세타(θ)파로 구별 할 수 있다. 교세포와 혈뇌장벽에 의한 뇌파의 변화는 조금씩 천천히 일어나지만 이에 비해 신경세포의 활동에 의한 뇌파의 변화는 크고, 빠르게 다양하게 발생한다. 이렇게 발생한 뇌파는 매우 복잡한 패턴으로 진동하는 파형의 형태를 보인다. 따라서 뇌파 파형 그대로를 시각적으로 관찰하는 것은 그다지 유용하지 않으므로 주파수 분석을 통하여 측정자의 상태를 유추해 보는 것이다. 뇌파는 일반적으로 32개 채널 뇌파 측정기로 실험을 하도록 되어있지만, 10/20% 전극

배치법을 사용하여 19부위를 측정하는 경우도 있으며 때에 따라서 연구목적과 가장 관련성이 높은 부위를 우선시하면서 붙이는 방법도 좋다. 뇌의 고도의 정보처리 기능 관련 연구일 경우, 전두엽 부위를 주로 선택하여 측정을 하며, 수면, 마취, 각성, 이완등과 같이 대뇌피질 전체와 관련된 연구의 경우 눈 움직임 등 잡파(Artifact)가 혼입되기 쉬운 전전두엽 부위를 제외하고 각 영역부위가 골고루 포함되도록 부위를 선택하는 것이 좋다. 본 연구의 경우 그 목적이 기관사의 뇌파 변화를 측정하여 인적오류를 일으킬 수 있는 정보처리 기능 관련 평가를 위한 것이므로 전두엽 부분의 뇌파를 이용하여 측정 분석 하였다.

3. 실험방법

실험을 위해 실제 열차 운행 환경과 유사한 환경을 구현하였으며, 측정실험을 진행할 피험자는 실험전에 오랜시간 열차 시뮬레이터 운용을 해 봄으로써, 초보자의 미숙함으로 발생하는 다른 외부요인을 제거하였다. 또한 뇌파역시 사람의 각성상태 등 자율신경계반응과 밀접한 관계가 있으므로 실험 전 충분한 휴식이 가능하도록 하였다.

실험 시나리오는 다음과 같다.




열차 운행 시간 (분)			
	0 ~ 30	5 ~ 30	100 ~ 130
	30분간 측정		
측정 환경	주간운행	야간운행	운행 중 소음유발

Fig. 1 Experience Scenario

총 3번의 뇌파를 측정하였으며, 주간 운행 및 야간운행을 각각 30분 동안 운행 할 경우의 뇌파 및 운행중간에 갑작스러운 소음을 발생 시켜 소음유발 구간의 뇌파를 측정하였다.

실험시 사용된 측정 장비는 BIOPAC SYSTEM사의 Biopac MP-100series를 사용하였으며, 측정 후 분석을 위한 분석 소프트웨어는 Acqknowledge ver3.8.1을 이용하여 신호수집 및 FFT분석을 수행하였다.



Fig. 2 Screen of Train simulator (a: day drive, b :night drive)

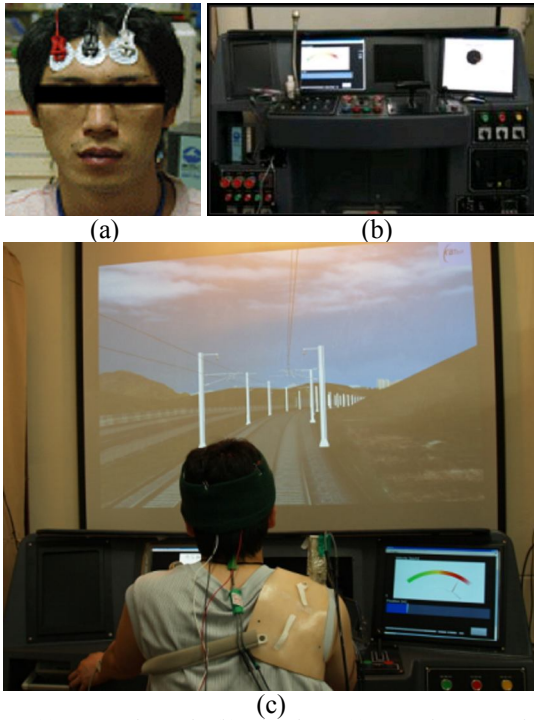


Fig. 3 (a) EEG Electrode (b) Simulator (c) Experiment environment

4. 측정 결과

각 실험 환경에 따른 열차운행 시 뇌파 측정 결과는 다음과 같다.

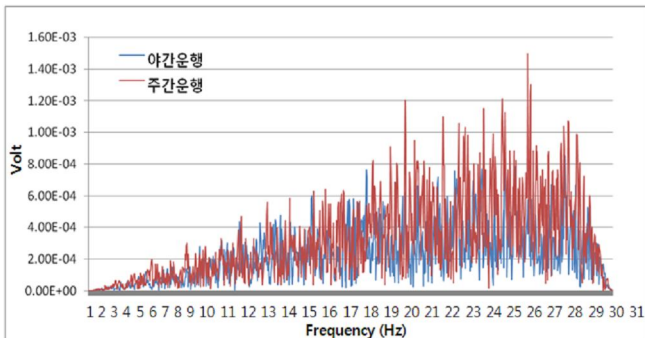


Fig. 4 FFT analysis of Beta wave (EEG)

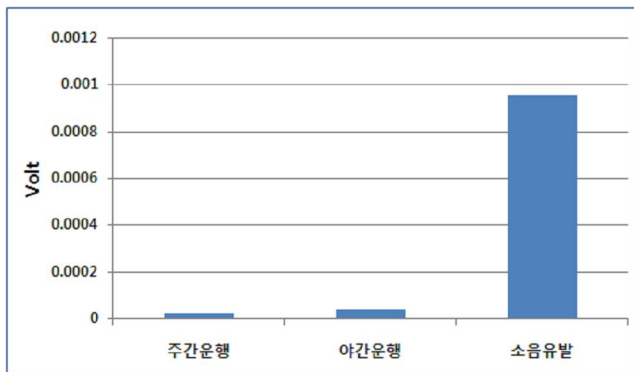


Fig. 5 Average value of Beta wave (EEG)

측정된 데이터를 FFT변환하여 분석하였으며 그 결과는 Fig. 4, Fig. 5와 같다. 주간 운행의 경우 야간운행에 비해 각성상태가 증가된 모습을 볼 수 있으며, 야간운행의 경우 주간운행에 비해 자율신경계 활성정도가 떨어지는 것을 알 수 있다. 또한 운행 중 소음을 유발하는 것이 각성상태를 향상 시키는데 큰 영향을

미치는 것을 알 수 있다.

5. 결론

실험 결과를 통하여 야간운행이 주간운행에 비해 사람의 각성 상태를 저하시키는 것을 알 수 있었다. 열차 운행의 경우 야간이 되면 주변의 풍경등이 모두 가려져 기관사는 오직 레일만을 보게 된다. 이에 따르는 눈의 피로도 높을 것으로 사료되며, 실제 뇌파 측정 결과역시 그렇게 분석되었다.

하지만 소음 유발 시 주간운행과 야간운행시 기관사의 뇌파수치보다 현저하게 높은 수치를 나타냄으로써, 운행중 적당한 소음 유발이 기관사의 졸음 운전을 방지하는데 도움이 될 수 있다고 추론할 수 있다. 현재 기관사의 운행중 고속열차(KTX), 도시철도(지하철)모두 마스크내의 졸음운전 방지장치 운용을 잘못 했을 경우나, 졸음운전의 위험이 있는 상황에서 경고음을 주어 기관사의 각성상태를 높이는 것은 매우 유용한 방법이라는 것을 알 수 있다.

후기

본 연구는 건설교통부 철도중합안전 기술개발사업의 지원으로 수행되었음 (R&D/05 철도안전 B-02)

참고문헌

1. 장혜연, 장재호, 김태식, 한창수, 한정수, 안재용, "열차 시뮬레이터 조작 시 운전자의 생체신호 변화에 대한 연구", 대한인간공학회지, Vol.25, No.4, pp 129-135, 2006.
2. 장혜연, 이용기, 장재호, 김태식, 홍성준, 한창수, 한정수, "기관사 상지 근육의 피로도 변화에 대한 연구", 한국철도학회 논문집, Vol10, No.5, pp 576-581, 2007.
3. 정순철, 이현정, 민병찬, 김승철, "안정상태에서 외부의 산소공급에 따른 혈중 산소포화도, 심박동율, 피부 전도도의 변화", 한국감성공학회 추계 학술대회 논문집, pp 71-73, 2003.
4. 김상균, 민병찬, 정순철, "급출발, 급제동에 따른 자동차 탑승자의 피부전도도 반응", 대한인간공학회 학술대회 논문집, 253-256, 1999
5. 박재범, "운전자 행동 및 반응검지 차량 개선연구", 한국도로공사 도로연구서 연구보고서, 1999
6. Brookhuis, K.A, De Waard, D., "Measuring driving performance by car-following in traffic, ergonomics, 1993