

# 열차 시뮬레이터 환경에서의 운전자 생체신호 변화에 대한 연구

## Study on Change of Driver's Bio-Signal in Train Simulator

\*장혜연<sup>1</sup>, #한창수<sup>1</sup>, 장재호<sup>1</sup>, \*홍성준<sup>1</sup>, \*한정수<sup>2</sup>

\*H. Y. Jang<sup>1</sup>, #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)<sup>1</sup>, J.H.Jang<sup>1</sup>, S.J.Hong<sup>1</sup>, J.S.Han<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한양대학교 기계공학과, <sup>2</sup>한성대학교 기계시스템공학과

Key words : Train Simulator, Driver, Bio-Signal, GSR, HR

### 1. 서론

열차사고는 악천후 및 도로 상태등에 따라서 사고로 이어질 수 있지만 가장 중요한 원인은 운전자의 조작실수에 있다. (인간 공학회 논문) 우리나라 열차사고의 경우도 근무환경 및 외부요인을 제외한 운전자 본인의 부주의에 관한 실수가 지난 10년동안 전체 기관사 직무사고의 90%(667건)를 차지하고 있다.

또한 지하철의 경우 아직 50%가량(1-4호선)을 수동으로 기관사 한명이 직접 마스크를 누른 상태에서 하루평균 4시간 가량을 운행함으로 운전자의 피로누적이 유발될 수 있고, 또 그에 따른 각성상태 변화는 지시의 오인, 졸음운전, 문제발생시 대처 미흡의 형태로 문제를 야기할 수 있다.

아직 열차 선진국인 일본 및 유럽에서도 기관사의 생리학적 변화에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 본 연구는 실제와 매우 유사한 가상의 열차 시뮬레이터를 구현하고, 실제 운행상황을 발생시켜 오랜시간 동안 운행을 하는 운전자의 생체신호 변화에 대한 것이다.

### 2. 생체신호

사람의 정신적 작업부하를 나타내어주는 생체신호는 EEG(Electroencephagram), ECG(Electrocardiogram), EOG (Electrooculogram), SKT(Skin Temperature), GSR(Galvanic Skin Response), 등이 있다. 그중 본 실험에서는 자율신경계의 영향을 가장 많이 적용하는 GSR과 HR(Heart Rate)를 측정하였다.

GSR은 Galvanic Skin Response의 약자로 중래 불안과 스트레스 연구에서 주로 사용된다. GSR은 다른 생체신호에 비하여 교감신경계의 반응에 가장 민감하게 반응하는 생체 신호이다. 심-신(mind-body)사이의 일치성을 보여주는 증명 도구로서 사용되고 있고, 각 개인의 특별한 양상을 파악할 수 있는 좋은 지표가 된다. 여러 실험 결과 피부전도 양상과 성격 사이에는 흥미로운 관계가 있음이 발표되었다. 어떤 특정한 사건이나 정서적인 반응을 낳출 수 있는 탈 감각 치료로 사용되고 있다.GSR은 쉽게 측정가능 하고, 신뢰도도 높기 때문에 인체의 내부적인 상태를 반영하는 한가지 중요한 지표가 되었으며, 생리학적으로는 한선(Sweat gland)의 활동과 교감신경계의 변화를 반영한다.GSR값의 평균 및 표준편차 값이 증가한다는 것은 자율신경반응에서 교감신경계가 더욱더 활성화 되고 있다는 것이다.

HR은 Heart rate의 약자로 순간 심박수를 나타내어준다. 이역시 교감신경계와 직접적으로 연관되어있으며, GSR과 마찬가지로 수치의 증가는 각성상태의 증가로 분석 할 수 있다.

### 3. 실험시나리오

#### 3.1 실험환경

운전자의 생체신호를 실제와 같은 환경에서 측정할 수 있도록 실험환경을 조성하였다. 실험에 사용된 조종석 운행 데스크는 실제 대구 지하철 데스크와 같은 것으로 사용하였고, 그 조작 역시 실제 운행시와 같도록 모델링 하였다. 또한 마스크의 가속비율역시 실제 지하철의 가/감속비율(가속도 3.0km/h/s, 제동 감속도 3.5km/h/s, 비상제동 감속도 4.5km/h/s) 과 같도록 하였다. 시뮬레이터 영상 역시 실제 광주 지하철의 3개역 구간을 모델링 하여 그 거리와 도착 시간 그리고 station의 환경을 그대로 구현하여, 마스크 조작과 보여지는 영상이 실제와 유사하도록 하였다.



Fig. 2 Image of the simulator



Fig. 3 Control desk

#### 3.2 실험 시나리오

실험을 위하여 3 의 피험자를 선정하여 3번씩 실험하였으며, 결과에 신뢰도를 높이기 위해 실험 전 피험자들이 열차를 조작하는 방법과 운행 과정을 실제와 똑같이 익힐 수 있도록 하였다. 또한 실제 기관사를 대상으로 인터뷰한 내용을 바탕으로 하여 기관사들이 가장 피로감을 많이 느낀다는 30분까지의 운행중 운행 초기와 운행 말기의 생체신호를 측정하였다. GSR의 경우 피험자의 피부 상태에 영향을 받을 수 있으므로 모든 피험자는 실험전 깨끗이 손을 씻은 후 건조시킨 손가락에 전극을 부착하였다. Fig. 4는 전체 측정과정을 알려준다.



Fig. 1 Electrode of GSR & HR

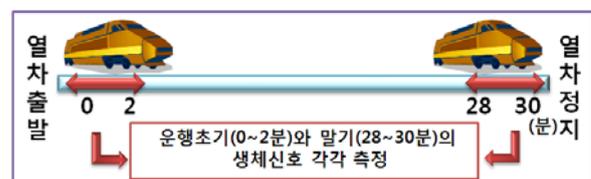


Fig. 4 Scenario of experiment

#### 4. 실험결과

9번의 측정결과는 Table.1 과 같다. GSR의 경우 매우 작은 단위로 측정되기 때문에 분산분석을 통해 실험의 유의성을 판별하였다.

Table 1 GSR Data

피험자	시작 후 2분 (Volt)	종료 전 2분 (Volt)	증감	유의성검증 (P=0.05)
1-1	0.03695	0.03702	증가	O
1-2	0.03692	0.03700	증가	O
1-3	0.03709	0.03707	감소	O
2-1	0.03695	0.03703	증가	O
2-2	0.03696	0.03701	증가	O
2-3	0.03705	0.03706	감소	O
3-1	0.03696	0.03704	증가	O
3-2	0.03702	0.03701	감소	X
3-3	0.03706	0.03699	감소	X

Table 2 HR Data

피험자	시작 후 2분 (count/min)	종료 전 2분 (count/min)	증감	유의성검증 (P=0.05)
1-1	68.77	70.79	증가	O
1-2	73.28	74.36	증가	O
1-3	63.46	68.27	증가	O
2-1	58.56	63.59	증가	O
2-2	61.42	61.72	증가	O
2-3	61.42	63.29	증가	O
3-1	59.81	60.99	증가	O
3-2	62.37	62.32	감소	X
3-3	61.45	62.71	증가	O

GSR의 측정결과는 Table.1 과 같이 총 9번의 실험데이터 중 7개가 유의한 결과로 측정되었고, 총 7번의 실험중 2번을 제외한 5번의 실험이 30분동안의 조작에 따라 그 수치가 증가하였다. 이는 피험자의 각성상태가 실험이 처음 시작할 때의 긴장상태보다 오히려 더 증가했다는 결과이다. GSR의 경우 같은 상태가 지속될 때, 적응 반응에 의해 각성상태가 감소된다. 하지만 지하철 운행이 2-3분마다 정차를 해야 하고, 운행 중에는 늘 마스크를 누른 상태를 유지해야 한다. 또한 지하철의 특성상 올바른 위치에 정차를 하는 것 역시 매우 중요하다. 이모든 조작요인이 피험자에게 긴장상태를 계속 유발했다는 결론을 얻을 수 있다.

HR측정결과도 위의 GSR의 측정결과와 유사한 성향을 보였다. 이는 GSR 과 HR의 신호모두 자율신경계의 영향을 받기 때문이다. HR측정결과역시 9번의 실험중 8개의 유의한 결과 데이터를 얻었으며, 8번의 실험 모두 HR 즉 심박수가 증가한 것으로 나타났다.

#### 5. 결론

총 9번의 실험결과 30분의 지하철 운행이 운전자로 하여금 긴장상태, 즉 각성상태를 증가시킨다는 결론을 얻었다.

장혜연<sup>1</sup> 등은 유사한 연구에서 ‘높은 교감신경 활성화는 공격/방어적인 스트레스 상황이 되며, 심박동수 증가, 혈압 및 혈당 증가, 자발근육으로의 혈류량 증가, 땀 분비, 내부 장기로의 혈류 감소등을 유발하게 된다’라고 했다. 본 실험의 30분 동안의 측정결과는 그 수치의 증가량이 크지 않지만, 장시간의 운행은 운전자에게 스트레스 및 정신적 피로상태를 유발함 자명한 일이다.

#### 후기

본 연구는 건설교통부 건설기술혁신사업의 연구비지원(05철도안전B-02)에 의해 수행되었음.

#### 참고문헌

1. 장혜연, 장재호, "영상작극에 의한 자율신경계 활동변화에 대한 고찰" 한국정밀공학회 춘계 학술대회 논문집, 571-572, 2006.
2. 장혜연, 장재호, "열차 시뮬레이터 조작 시 운전자의 생체신호 변화에 대한 연구" 대한인간공학회지, 제25권 제4호, 129-135, 2006.
3. 김상균, 민병찬, 정순철, "급출발,급제동에 따른 자동차 탑승자의 피부전도도 반응" 대한인간공학회 학술대회 논문집, 제2권, 1999.
4. 건설교통부 한국 건설교통기술 평가원 미래철도 기술개발사업 연구보고서 "안전업무 종사자 교육훈련체계 구축" 2007.12
5. 김정룡, 윤상영, "생체신호를 통한 운전자 심리, 생리상태 판단 방법 비교", 대한인간공학회 창립20주년기념 학술대회 논문집 306-311, 2002
6. 정순철, 이현정, "안정상태에서 외부의 산소공급에 따른 혈중 산소포화도, 심박동유르 피부전도도의 변화", 한국감성공학회 춘계 학술대회 논문집, 71-73, 2003