

생체신호를 이용한 기관사 직무수행능력 측정 장비 개발

Measurement system of train driver's job performance using vital signals

*장혜연¹, #한창수² 한정수³, 서아름⁴

*H. Y. Jang¹, #C. S. Han (cshan@hanyang.ac.kr)², J.S.Han³, A.R.Seo⁴

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

Key words : Vital signal, GSR(Galvanic Skin Response), HR(Heart Rate), Train driver

1. 서론

우리나라는 KTX라는 국가적인 고속전철이 도입된지 이미 오래 되었으며, 서울-부산간 편도 3시간의 일일 생활권을 이룬 철도 선진국이다. 또한 서울-수도권에 광활한 지하철-국철 네트워크를 구축하고 있으며 철도 종사자들의 수도 이미 선진국 수준에 도달해 있다. 특히 열차를 운행하는 기관사의 경우, 정기적으로 또는 별점이 누적될 경우, 적성검사를 하여야 하며, 국내 기관사의 적성 검사의 경우 KORAIL 인재개발원에서 시행되고 있고 그 자세한 항목은 Table.1과 같다. 대부분 운행 업무와 직접적으로 관계가 있다기 보다는 기관사가 최소한 갖추어야 할 지능검사, 태도/품성검사, 또는 어떠한 미션을 주었을 때 수행 결과를 분석해 보는 반응형 검사로 나뉜다. 실제 운행작업과 밀접한 관계를 갖는 직무 능력 평가에 대한 필요성이 대구 지하철 참사 이후에 꾸준히 대두 되고 있으며, 본 연구는 기존의 적성검사 뿐만 아니라 기관사의 심리적인 상태를 생체신호를 통하여 실시간 수집/분석 할 뿐 아니라 DB화되어 각 기관사마다의 기저 생체신호에 대한 기준을 마련 할 수 있는 직무수행능력 측정설비를 개발하였으며, 이를 시뮬레이터와 연동하기 위한 소프트웨어 모듈을 개발하였다.

Table 1 Factor of train driver's job performance

검사구분	검사명	측정내용
문답형 검사	지능검사	지각속도, 공간-수리 추리력, 판단능력
	작업태도검사	작업 수행 중 나타나는 행동 특성
	품성검사	정신병적적 경향성 측정
	속도예측 능력 검사	이동하는 물체의 속도를 예측하는 능력과 일관성
주의력 검사	선택적 주의력	목표 자극에 대한 반응속도와 정확성
	주의배분능력	동시에 제시되는 여러 목표 자극에 대한 반응속도와 정확도
	지속적 주의력	주의력을 유지하는 능력
	거리지각 능력검사	목표자극에 대한 원근감
반응형 검사	안정도검사	눈과 손을 이용한 동작의 정확도
	적응능력	과제에 대한 판단과 동작을 빠르고 적절하게 조절하는 능력
	민첩성 검사	판단력
동작 검사	동작 정확력	판단력과 운동능력간의 균형
	정서 안정도	판단능력의 일관성
	주의 배분(신호)	동시에 제시되는 여러 목표자극에 대한 반응속도와 정확도

2. 측정 생체신호

사람의 정신적/육체적 부하정도를 측정하여 주는 생체신호는 근전도(EMG, Electromyogram), 뇌파(Electroencephalogram), 심전도(ECG, Electrocardiogram), 맥파(PFG, Photoplethysmogram) 심박수(HR, Heart Rate), 피부전도도(GSR, Galvanic Skin Response) 등 매우 다양하다. 이중 앞서서 열차를 운행하는 기관사의 운행조작에 영향을 미치지 않는 생체신호인, 피부전도도, 맥파, 심박수와 갑작스러운 저산소증 상태를 판별 할 수 있는 산소포화도(SpO₂, Saturation percent O₂)를 운행중인 시뮬레이터에서 운행 훈련자로부터 습득할 수 있도록 하였다.



Fig.1 Sensor & Equipment

피부전도도는 종래 불안과 스트레스 등의 연구에서 사용되어 왔으며, 거짓말 탐지방법의 한가지로 사용되고 있다. 교감신경계 자극에 반응하는 한선(Sweat gland)의 활동은 전도성을 증가시킨다. 교감 신경계 활동과 정서적인 각성 사이에는 밀접한 관계가 있음을 여러 연구를 통해 이미 증명되었다. 그러므로 생리학적으로는 한선의 활동과 교감신경계의 변화를 반영하는 지표로 활용 될 수 있다. 심박수의 경우도 분당 심박수를 심박의 순간 속도로 유추하여 추정된 수 이다. 이 역시 교감 신경계의 변화를 감지하는데 도움이 된다. 사람은 심리적으로 각성상태가 되면 심장박동이 촉진되고, 혈관샘과 연결된 교감신경의 말단 조직의 아세틸 콜린이 분비되어 땀 분비가 진행된다. 즉 긴장이 나 각성상태가 지속되면 피부전도도와 심박수가 증가한다고 할 수 있다. 특히 각성레벨 저하(졸음, 멍한상태 등)로 인한 사고의 방지 대책은 철도에서 고민하던 새로운 과제의 하나라고 되어 있다. 따라서 현재 수행되어지는 적성검사의 수많은 항목 중에 생체신호를 이용하여 분석하였을 경우 더욱 신뢰성을 얻을 수 있는 부분은 다음과 같다고 할 수 있다.



Fig.2 Factor of vital signal for aptitude test

3. 기관사 직무 평가를 위한 선행 연구

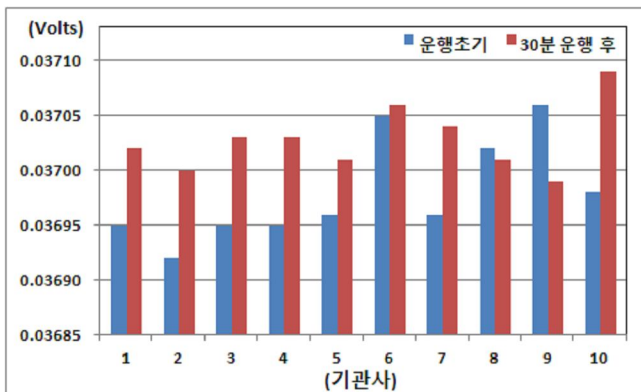


Fig.3 GSR Signal

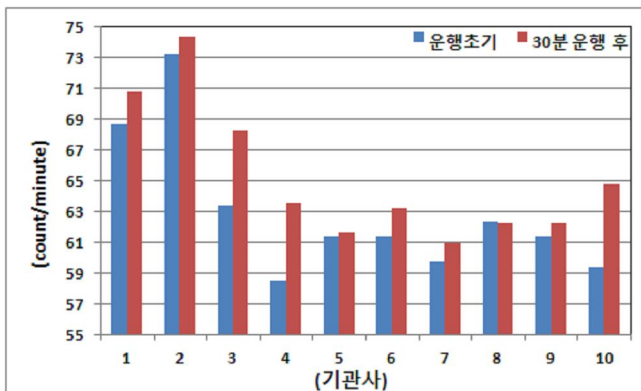


Fig.4 HR Signal

기관사의 운행피로에 따른 정신적 스트레스가 운행에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 30분의 운전 조작시 10명의 은퇴 기관사의 피부전도도와 순간심박수를 측정하였다.

일반적으로 생체신호는 개인적 차이에 따른 특성 때문에 정규화 하여 분석하여야 그 신뢰도를 높일 수 있다. 일반적으로 생체신호 수치의 정상/비정상경향을 판별 할 때는 심리적/정신적 안정상태의 기저치를 측정하여 정규화하는 것이 일반적이지만, 본 실험의 경우 운행 초기와 운행 말기의 신호차이를 측정하였으므로 기저치는 따로 측정 하지 않았다.

피부전도도(GSR)와 심박수(HR)의 수치가 시간이 지남에 ek라 유의하게 증가함을 알수 있다. 이는 정신적인 각성상태가 높아짐을 의미하므로 기관사의 정신적 스트레스/피로상태가 증가하였음을 의미한다.

4. 직무무행능력 측정 장비 개발

위의 실험에서 알 수 있듯이 운행중인 기관사에게 생리적 신호를 측정하여 이를이용하여 기관사의 심리적인 불안/각성상태를 미리 모니터링 할 수 있으면, 생리적 피곤상태에 따른 인지능력 저하 및 이로 인한 인적 오류 유발 대형 사고를 예방할 수 있을 것이다.



Fig.5 System H/W & S/W

따라서 본 연구팀은 기관사가 교육훈련 과정에서 시뮬레이터 운행과 동시에 직무수행능력을 측정 하여 개개인 마다의 심리적/육체적 특성을 DB화 하여 추후 실차운행 시 개인의 정보와 매치하여 위험 상황을 미리 알릴 수 있도록 직무수행능력 측정 설비를 개발하였다. 앞으로 지속적 연구를 통해 본 시스템내에 있는 신호 분석 알고리즘의 신뢰성을 높이고, 많은 실험을 통해 많은 철도 종사자의 DB를 구축하여 열차 사고 예방에 이바지 하고자 한다

후기

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

참고문헌

1. 장혜연, 장재호, 김대식, 한창수, 한정수, 안재용, "열차 시뮬레이터 조작 시 운전자의 생체신호 변화에 대한 연구", 대한 인간공학회지, Vol.25, No.4, pp 129-135, 2006
2. 정순철, 이현정, 민병찬, 김승철, "안정상태에서 외부의 산소공급에 따른 혈중 산소포화도, 심박동율, 피부 전도도의 변화", 한국 감성 공학회 추계 학술대회 논문집, pp 71-73, 2003.
3. 김상균, 민병찬, 정순철, "급출발, 급제동에 따른 자동차 탑승자의 피부전도도 반응", 대한 인간공학회 학술대회 논문집, 253-256, 1999
4. 김사길, 변승남 (2006) "철도 기관사의 스트레스와 관련한 직무강도 평가에 대한 연구", 대한 인간공학회 춘계 학술대회 제5호 pp221-224
5. 김유신 (2007), "상완삼두근 익스텐션 동작 시 저항성 운동의 종류에 따른 근피로와 근 활성도 비교", 한국 사회체육 학회지, Vol29, pp307-316