

뇌파를 이용한 열차 최적의 HUD위치 평가

왕 창 원*, 김 용 규*, 민 세 동^o

Evaluation for Optimal HUD Location on a Train Using EEG

Chang-won Wang*, Yong-Kyu Kim*, Se-Dong Min^o

요 약

본 논문은 뇌파와 ANOVA를 이용하여 생체신호와 통계 분석기반의 상관관계를 통해 열차 최적의 HUD위치를 평가하는 새로운 방법을 제안하였다. 본 연구에서는 최적의 HUD위치를 평가하기 위해 총 2가지 실험을 진행하였다. 첫 번째 연구실에서 각각 다른 여섯 위치(좌측 상단 및 하단, 중앙 상단 및 하단, 우측 상단 및 하단)에 시각 자극을 제시하였고, 이미지는 235X197 cm²크기의 스크린에 30초동안 나타났다. 두 번째 HUD 이미지는 철도시뮬레이터에서 각각 다른 세 군데에 구성하였고, 이미지는 스크린에 30초 동안 나타났다. 뇌파는 정서적 안정성을 평가하기 위해 알파파와 베타파를 이용하였고, 10-20전극 배치법에 따라 Fp1, Fp2, F7, F8채널에서 측정하였다. 연구실 실험 결과, F7채널 베타파에서 유의확률 0.006으로 통계적으로 유의하게 나타났고, 알파파와 베타파 간 음의 상관관계($r=-0.190$)가 있는 것으로 나타났다. 또한 스크린의 좌측 상단, 중앙 하단 위치가 우측 하단 위치에 비해 베타파가 낮게 나타났다. 철도 시뮬레이터 실험 결과, Fp1베타파가 유의확률 0.033으로 통계적으로 유의하게 나타났고, 중앙보다는 좌측일 때 베타파가 낮게 나타났다. 본 연구의 결과는 알파 파와 베타 파 사이의 상관 관계를 통해 최적의 HUD 위치의 평가에 대한 도움이 될 것으로 생각된다.

Key Words : HUD, EEG, Railway, ANOVA, Position evaluation

ABSTRACT

This paper suggested a new evaluation method for optimal HUD position through a correlation based on between biological signal as and statistical analysis which using (Electroencephalogram, EEG) and ANOVA. This experiment was conducted two kinds of method to evaluate the optimal HUD position. At first, visual stimulus suggested from six different positions(the top and the bottom of the left, the top and the bottom of the center and the top and the bottom of the right on the screen) in laboratory and an object image was shown for 30 seconds in a screen which has 235 X 197 cm² size. And second, HUD image was configured from three different positions and an object image was shown for 30 seconds in a screen. EEG, which used α -wave and β -wave for evaluate an emotional stability, were measured from Fp1, Fp2, F7 and F8 channel based on ten to twenty electrode system. From the result in laboratory, F7 β -wave was shown statistically significant to significance probability of 0.006 and between α -wave and β -wave were showed a negative correlation($r=-0.190$). Also, Both the top of left and the bottom of center were showed lower β -wave than the bottom of right. From the result in railway simulator, Fp1 β -wave was appeared statistically significant as significance probability of 0.033 and it was showed lower β -wave than center. The outcome of this study will be helpful about evaluation of optimal HUD position through correlation between alpha wave and beta wave.

* 본 연구는 한국철도기술연구원 주요사업 “ICT기반 열차운행 안전성 및 운영효율성 향상 기술개발(Development of ICT-based Technologies for Safety and Efficiency of Railway Operation)” 과제로 수행되었습니다.

• First Author : Dept. of Medical IT Eng., Soonchunhyang University, lovelyiu315@gmail.com, 학생회원

o Corresponding Author : Dept. of Medical IT Eng., Soonchunhyang University, sedongmin@sch.ac.kr, 정회원

* 한국철도기술연구원 무선통신열차제어연구단, ygkim1@krii.re.kr, 정회원

논문번호 : KICS2014-02-051, Received December February 7, 2014; Revised April 1, 2014; Accepted October 29, 2014

I. 서 론

현대 사회에서 차량 및 열차 등, 운전자가 필요로 하는 각종 정보전달 방법은 대부분 시각적인 장치에 의존하고 있고, 계기판이나 AV시스템 등의 HDD 디스플레이 장치에 표시가 되고 있다.^[1] 특히 주행 중인 운전자는 많은 정보를 시각을 통하여 받아들이고 이를 바탕으로 안전 운전이 필요한 최종 판단을 하게 되고^[2], 이러한 HDD는 운전자의 시야가 전방과 계기판을 번갈아가며 보기 때문에 시선을 분산시킬 수 있다.^[3] 이로 인하여 복잡한 교통 상황에서는 도리어 사고를 유발할 수 있다.^[4] 이에 주행 중 운전자의 시각적 간섭을 최소화하여 전방 주시 유도가 가능하면서, 운전자가 다양한 정보요구에 적절히 대응할 수 있는 통합 디스플레이에 대한 요구가 발생하게 되었다.^[5] 새로운 대안으로 HUD가 각광 받고 있다.^[6] HUD는 HDD와 달리 전면 유리에 계기판 등 중요 정보들을 표시해주기 때문에, 운전자의 시야가 전방에만 집중하게 할 수 있으며 이는 사고의 위험성을 크게 감소시키는 효과가 있다.^[7] 오늘날 자동차에 대한 HUD연구는 활발히 진행되고 있지만^[8], 철도에 대한 HUD를 적용하는 연구는 아직까지 미미한 실정이다.^[9] 철도는 많은 승객들이 탑승하고 사고가 나면 많은 인명피해를 입힐 수 있기 때문에 안전성이 증대되고 철도 기술의 경쟁력 강화에 도움이 될 수 있다. 하지만 HUD적용과 관련된 선행연구에서 운전자의 취향에 맞지 않은 HUD의 이미지 디자인은, 부정적 감성을 유발하여 안전에도 영향을 미친다는 연구결과가 나왔다.^[10]

감성과 관련된 연구는 뇌파를 이용한 연구가 주류를 이루고 있다.^[11-14] 인간의 뇌파란 신경계에서 뇌신경 사이에 신호가 전달될 때 생기는 전기의 흐름이며, 이는 심신의 상태에 따라 각각 다르게 나타나며 뇌의 활동 상황을 측정하는 지표이다.^[15] 뇌파는 통상적으로 0Hz-4Hz는 델타파, 4-8Hz는 세타파, 8-13Hz는 알파파, 13-30Hz는 베타파, 30Hz이상은 감마파로 분류된다. 뇌파의 분석법으로는 시간축 분석법과 주파수축 분석법이 있고, 신호분석법의 발달로 주파수축 분석방법이 뇌파분석에 많이 응용되고 있다.^[16] 시각 자극에 대해 뇌파의 변화를 시각에 의해 유발된 감성을 평가할 수 있는지 선행 연구를 찾아본 결과, 쾌한 장면을 볼 때 알파파가 증가하고 델타파가 감소하는 것으로 나타났다.^[17] 또한 긴장을 풀 안정 상태에서 알파파가 두드러지며 알파파와 베타파를 이용하여 감성의 지속시간 및 크기를 추정하는 연구가 진행되었다.^[18] 해외에서는 ESAM(Emotion spectrum analysis

method)를 개발하여 감정을 뇌파를 이용하여 정량화한 연구를 발표하였고^[19], 전두엽 2채널 뇌파의 알파파 파동을 이용하여 인간의 쾌적성 및 각성도 간 상관관계를 연구하였다.^[20]

본 연구에서는 열차에 HUD를 적용했을 때, 뇌파를 이용하여 최적의 위치를 도출하는 방법을 제시한 선행연구로 모집단으로부터 측정된 뇌파 데이터를 이용하여 분산분석과 사후검증을 통해 통계학적으로 방법을 제시하였다. 뇌파 중 알파파와 베타파를 이용하여 특정 위치에 대한 선호도가 있는지 알아보기 위해, 연구실에서는 피험자들의 정적인 상태에서 스크린에 시각 자극을 총 6군데 제시하여 뇌파의 변화추이를 분석하였다. 철도 시뮬레이터에서는 동적인 상태에서, 총 3군데에 HUD를 적용하여 시선의 분산이 알파파 및 베타파에 영향을 미치는지 변화추이를 관찰하였다. 또한 각 실험 별 통계적으로 유의한 뇌파변화의 경향이 있는지, 측정된 Fp1, Fp2, F7, F8 채널 간 알파파와 베타파의 상관성이 있는지 확인하였다.

II. 연구 대상 및 연구 방법

2.1 연구 대상

2.1.1 정적인 개인 선호위치 평가 실험(연구실)

S대학교에 재학 중인 신체적 정신적 질환을 앓은 적이 없고 건강한 성인 남성 11명, 여성 9명, 총 20명을 연구대상으로 선정하였다. 이들의 연령분포는 20-26세 사이이고 평균나이는 23.4세였다. 뇌파 실험 시 두피와 전극 간 접촉이 불안하면 신호에 잡음이 타면서 연구에 사용이 가능한 뇌파를 측정할 수 없다. 이에 뇌파 측정 실험임을 피험자들에게 인지시키고 최대한 눈을 덜 깜박이고, 부착한 전극이 움직이지 않도록 주의를 시켰다. 그럼에도 전극 부착 및 움직임에 의한 잡음으로 인해, 뇌파 측정이 제대로 안된 피험자 2명(남성 1명, 여성 1명)은 분석에서 제외 시켰다.

2.1.2 동적인 개인 선호위치 평가 실험(철도 시뮬레이터)

철도 시뮬레이터 실험에서는 남성 7명, 여성 3명, 총 10명을 연구대상으로 선정하였다. 이들의 연령분포는 21-27세이고, 평균나이는 23.9세였다. 정확한 뇌파측정을 위해 철도 시뮬레이터에 탑승 전, HUD가 설치된 위치를 집중적으로 보도록 교육을 시켰다. 그럼에도 불구하고 시뮬레이터의 움직임으로 인해 부착한 전극이 움직이면서, 뇌파 측정이 제대로 안된 피험

자 3명(남성 2명, 여성 1명)은 분석에서 제외시켰다.

2.2 연구 방법

2.2.1 HUD 및 HDD

HUD는 자동차, 항공기 등에 사용되는 시현 기술로, 인간의 시야에 직접 정보를 비추는 수단이다. 또한 시야가 분산되지 않기 때문에 현재 다양한 분야에서 사용되고 있다. HDD는 자동차, 열차 등 현재 사용되고 있는 계기판으로 운전자의 시야가 분산되어 불편함을 느낄 수 있고, 안전문제를 야기할 수 있다.



그림 1. HUD와 HDD
Fig. 1. HUD and HDD Display

2.2.2 연구실 실험

실험 전 각 피험자들을 대상으로 기초 설문조사를 시행하였다. 기초 설문조사에는 성별, 나이, 자주 사용하는 손, 난시 여부 등을 조사하였다. 이후 스크린의 6군데(중앙 상단 및 하단, 좌측 및 우측 상단 및 하단, 좌측 상단 및 하단, 좌측 및 우측 상단 및 하단, 좌측 및 우측 상단 및 하단, 좌측 및 우측 상단 및 하단)에 순차적으로 시각 자극을 제시하고, 시뮬레이터 실험 종료 30분 후 안정 시 뇌파를 측정하였다.

표 1. 실험 프로토콜(연구실)
Table 1. Experimental Protocol(Laboratory)

| Elapsed time | Procedure | Experiment contents |
|--------------|-----------|---|
| 1 min | 1 | Basic survey for EEG measurement |
| 3 min | 2 | Reference EEG measurement |
| 30 sec | 3 | EEG measurement by different display location |
| 1 min | 4 | resting |

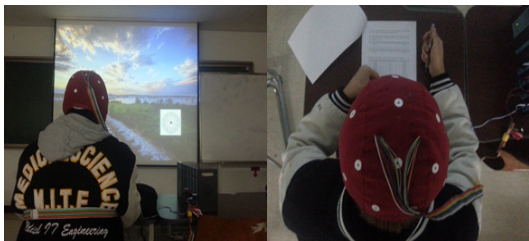


그림 2. 피험자의 뇌파 측정(연구실)
Fig. 2. EEG measurement of Subject(Laboratory)

단 및 하단)를 선정하여, 순차적으로 각 위치에 시각 자극을 제시하였고, 피험자로 하여금 30초 동안 응시하도록 하였다. 실험 전 후 3분 동안 안정 시 뇌파를 측정하였고, 자극 제시동안 뇌파를 측정하였다. 이후 1분 동안 휴식시간을 부여한 후, 다음 자극을 제시하였다.

2.2.3 철도 시뮬레이터 실험

실험에 앞서 기초 설문조사는 연구실 실험과 동일한 문항으로 구성하여 실험 전 기입하도록 하였다. 철도 시뮬레이터 실험에 사용한 노선은 매곡-동화 구간으로 설정하였고, 철도 시뮬레이터 운행 전 안정 상태 뇌파를 측정하였다. HUD를 적용하지 않은 상태에서 주행 시 뇌파를 측정하였고, HUD 적용 시, 3군데 위치(중앙 하단, 좌측 및 우측 하단)에 순차적으로 시각 자극을 제시하고, 시뮬레이터 실험 종료 30분 후 안정 시 뇌파를 측정하였다.

표 2. 실험 프로토콜(철도 시뮬레이터)
Table 2. Experimental Protocol (Railway simulator)

| Elapsed time | Procedure | Experiment contents |
|-----------------|-----------|--|
| 10 min | - | Preparing an EEG measurement experiment |
| 1 min | - | Basic survey for EEG measurement |
| 3 min | 1 | Reference EEG measurement |
| 7 min 10 sec | 2 | EEG measured from between Maegok and Donghwa station |



그림 3. 피험자의 뇌파 측정(철도 시뮬레이터)
Fig. 3. EEG measurement of Subject (Laboratory)

2.2.4 뇌파 측정법

뇌파 측정은 10-20전극 배치법(그림 4)에 따라 Fp1, Fp2, F7, F8에 전극을 부착하였고, 측정 장치는 BioPac MP150 EEG100C모듈을 이용하여 측정하였다. 각 실험마다 측정부위는 같지만, 자극제시 위치 및 시간 등 차이를 두고 실험을 진행하였다. 뇌파 분석방법으로는 Matlab을 이용하여 FFT분석을 통해 알파파의 주파수대역의 power값을 얻었고, 알파파의 비

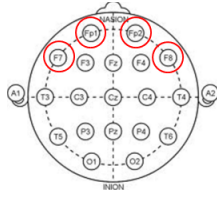


그림 4. 뇌파분석에 사용된 전극 위치
Fig. 4. Electrode location on EEG analysis

같은 동일한 시간대역에서 총 power값에 대한 각 주파수 대역에 해당하는 부분의 power값의 비율을 구하여 얻었다.

2.2.5 자극 위치 선정 및 순서

HUD를 바라볼 때 사람마다 선호하는 위치가 다르기 때문에, HUD의 최적위치를 평가할 때 시각 자극을 이용하였다. 스크린에 HUD를 적용할 수 있는 위치를 선정하고, 각 위치 별 계기판을 순차적으로 제시하였다. 순서는 연구실 실험에서는 좌측 상단, 중앙 상단, 우측 상단, 좌측 하단, 중앙 하단, 우측 하단 순으로 순차적으로 제시하였고, 철도 시뮬레이터 실험에서는 좌측 하단, 중앙 하단, 우측 하단 순으로 제시하였다(그림 5).



그림 5. 시각자극 제시 위치(왼쪽 : 연구실, 오른쪽 : 철도 시뮬레이터)
Fig. 5. Proposed location of visual stimulation (left : Laboratory, right : Railway simulation)

2.2.6 통계 분석법

통계분석은 SPSS18.0을 이용하여 각 위치에 따라 피험자의 뇌파가 통계학적으로 유의한 차이가 있는지, 알파파와 베타파 간 상관성 여부 등을 분산분석을 사용하여 분석하였다. Post-Hoc Test는 Scheffe, LSD 검정을 이용하였다. 귀무가설 및 대립가설은 아래와 같이 채택하였다.

- 귀무가설 : 각 시각자극 위치는 피험자들의 알파파 및 베타파에 영향을 미치지 않을 것이다.
- 대립가설 : 각 시각자극 위치는 피험자들의 알파파 및 베타파에 영향을 미칠 것이다.

III. 결 과

3.1 알파파와 베타파의 상관관계 분석

3.1.1 연구실 실험

피험자가 30명보다 작기 때문에, 비모수 검정인 Spearman검정을 이용하여 F7베타파와 알파파의 상관관계를 분석하였다. 분석결과, 유의확률이 0.049로 통계학적으로 유의한 음의 상관관계($r=-0.190$)이 있는 것으로 나타났다. F7베타파와 알파파의 선형 분석을 보면, 베타파가 감소할수록 알파파가 증가하는 경향이 나타났다.

표 3. F7채널의 알파파, 베타파 간 상관관계
Table 3. Correlation of Alpha wave and Beta wave located on F7

| Spearman's rho | | Alpha | Beta |
|----------------|-------------------------|-------|-------|
| Alpha | Correlation coefficient | 1.000 | -.190 |
| | Sig. | | .049 |
| | N | 108 | 108 |
| Beta | Correlation coefficient | -.190 | 1.000 |
| | Sig. | .049 | |
| | N | 108 | 108 |

3.1.2 철도 시뮬레이터 실험

비모수 검정인 Spearman검정을 이용하여 모든 채널의 알파파와 베타파의 상관분석을 수행하였다. 그 결과 Fp1 알파파는 Fp2, F7, F8의 알파파와 유의확률 0.039, 0.000, 0.013으로 나타나면서 서로 상관성이 높게 나타났고, F8 베타파와 Fp1, Fp2, F7간 유의확률 0.008, 0.010, 0.000으로 통계학적으로 상관성이 있는 것으로 나타났다. 각 채널의 알파파 및 베타파 간 상관성이 높게 나타났다. F7채널에서 알파파와 베타파 간 유의확률 0.046에(신뢰구간 95%) 상관계수 ($r=-0.247$)로 약한 음의 선형관계에 있는 것으로 나타

표 4. 알파파, 베타파 간 상관관계
Table 4. Correlation of Alpha wave and Beta wave

| Kendall's tau_b correlation coefficient | | | | | |
|---|-------------------------|-------|-------|--------|-------|
| Alpha wave | | Fp1 | Fp2 | F7 | F8 |
| Fp1 | Correlation coefficient | 1.000 | .258* | .509** | .327* |
| | Sig. | | .039 | .000 | .013 |
| | N | 24 | 24 | 24 | 24 |

| Kendall's tau_b correlation coefficient | | | | | |
|---|-------------------------|--------|--------|--------|-------|
| Alpha wave | | Fp1 | Fp2 | F7 | F8 |
| Fp2 | Correlation coefficient | .258* | 1.000 | .410** | .200 |
| | Sig. | .039 | | .003 | .086 |
| | N | 24 | 24 | 24 | 24 |
| F7 | Correlation coefficient | .509** | .410** | 1.000 | .240 |
| | Sig. | .000 | .003 | | .051 |
| | N | 24 | 24 | 24 | 24 |
| F8 | Correlation coefficient | .327* | .200 | .240 | 1.000 |
| | Sig. | .013 | .086 | .051 | |
| | N | 24 | 24 | 24 | 24 |

| Kendall's tau_b correlation coefficient | | | | | |
|---|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Beta wave | | Fp1 | Fp2 | F7 | F8 |
| Fp1 | Correlation coefficient | 1.000 | .145 | .156 | .355** |
| | Sig. | | .161 | .143 | .008 |
| | N | 24 | 24 | 24 | 24 |
| Fp2 | Correlation coefficient | .145 | 1.000 | .352** | .341** |
| | Sig. | .161 | | .008 | .010 |
| | N | 24 | 24 | 24 | 24 |
| F7 | Correlation coefficient | .156 | .352** | 1.000 | .526** |
| | Sig. | .143 | .008 | | .000 |
| | N | 24 | 24 | 24 | 24 |
| F8 | Correlation coefficient | .355** | .341** | .526** | 1.000 |
| | Sig. | .008 | .010 | .000 | |
| | N | 24 | 24 | 24 | 24 |

났다. 하지만 Fp1 채널의 알파파와 베타파 간 상관성은 통계적으로 유의하게 나타나지 않았다.

3.2 뇌파 분산분석 결과

3.2.1 연구실 실험

뇌파 측정이 잘못된 피험자 2명의 데이터를 제외하 나머지 18명의 데이터를 SPSS18.0을 이용하여 분산 분석을 시행하였다. 먼저 각 위치에 따라 피험자들의 뇌파가 영향을 미치는지를 알아보고자 분산분석 결과, 알파파에서는 유의확률 0.05의 조건하에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 반면 베타파에서는 F7 채널에서 유의확률이 0.006으로 신뢰구간95%에서 통계학적으로 유의한 것으로 나타났다. 각 위치에 따

표 5. 베타파의 분산분석 결과(연구실)
Table 5. Result of variance analysis for Beta wave (Laboratory)

| | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-----|----------------|----------------|-----|-------------|-------|------|
| Fp1 | Between Groups | 2.002 | 5 | .400 | .372 | .867 |
| | Within Groups | 122.818 | 114 | 1.077 | | |
| | Total | 124.820 | 119 | | | |
| Fp2 | Between Groups | 4.628 | 5 | .926 | 1.002 | .420 |
| | Within Groups | 105.323 | 114 | .924 | | |
| | Total | 109.951 | 119 | | | |
| F7 | Between Groups | 14.909 | 5 | 2.982 | 3.492 | .006 |
| | Within Groups | 97.348 | 114 | .854 | | |
| | Total | 112.257 | 119 | | | |
| F8 | Between Groups | 9.171 | 5 | 1.834 | 1.676 | .146 |
| | Within Groups | 124.793 | 114 | 1.095 | | |
| | Total | 133.965 | 119 | | | |

라 피험자의 알파파는 영향을 미치는지 통계적으로 확인할 수 없었고, 베타파는 F7 채널에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다(표 5).

F7 채널의 베타파 평균은 아래의 표와 같다. 각 위치의 평균값을 보면 위치 간 차이가 있는 것처럼 보이지만, 실제 차이가 있는지 없는지 알 수 없기 때문에, Post-Hoc Test를 통해 통계적으로 유의한 차이가 있는지 확인하였다.

등분산을 가정하는 Post-Hoc Test인 Scheffe검정을 이용하였고, 그 결과 유의한 두 개의 그룹으로 형성되었다. 1번 위치와 6번 위치, 5번 및 6번 위치에서 유의확률이 각각 0.033, 0.030으로 0.05보다 작게 나

표 6. F7베타파 기술 통계량
Table 6. Descriptive statistics for F7 Beta wave

| F7 | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error |
|------------|-----|--------|----------------|------------|
| location 1 | 18 | -.2531 | 1.15454 | .27213 |
| location 2 | 18 | .1032 | .91779 | .21633 |
| location 3 | 18 | -.0530 | .74089 | .17463 |
| location 4 | 18 | -.1303 | .52359 | .12341 |
| location 5 | 18 | -.2489 | 1.09245 | .25749 |
| location 6 | 18 | .9569 | .97562 | .22995 |
| Total | 108 | .0625 | .99682 | .09592 |

표 7. F7 베타파의 사후 검정 결과(Scheffe)
Table 7. Result of F7 Beta wave Post-Hoc Test(Scheffe)

| | N | subset for beta = .05 | |
|------------|----|-----------------------|--------|
| | | 1 | 2 |
| location 5 | 18 | -.2385 | |
| location 1 | 18 | -.2244 | |
| location 3 | 18 | -.0403 | -.0403 |
| location 4 | 18 | -.0156 | -.0156 |
| location 2 | 18 | .0820 | .0820 |
| location 6 | 18 | | .8606 |
| Sig. | | .953 | .131 |

나타면서 95% 신뢰구간에서 6번 위치와 5번 및 1번 위치는 통계적으로 유의하게 차이가 나타났다. 나머지 2번, 3번, 4번 위치는 차이가 나는 것처럼 보이지만 통계적으로는 차이가 나지 않음이 밝혀졌다.

F7 채널의 알파파와 베타파는 서로 음의 상관관계가 있음을 확인하였고 1번, 5번 위치가 6번 위치에 비해 베타파가 적게 나타났다. 따라서 피험자들은 1번, 5번 위치가 6번 위치에 비해 더 신경이 많이 쓰이고 불편해 하는 것으로 사료된다(그림 6).

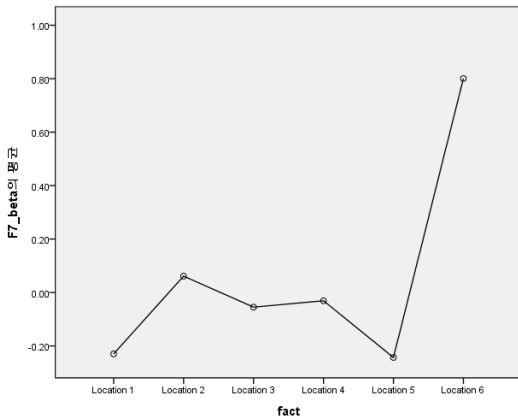


그림 6. F7채널에 대한 모든 피험자들의 베타파 평균 그래프
Fig. 6. Beta wave average graph for all subjects on F7 channel

3.2.2 철도 시뮬레이터 실험

뇌파 측정이 제대로 안된 피험자 3명을 제외한 나머지 피험자들의 뇌파 데이터를 분석하였다. 각 위치에 따른 중속변수인 모든 피험자들의 뇌파의 영향을 알아보기 위해 Fp1, Fp2, F7, F8의 알파파와 베타파의 분산 분석을 각각 시행하였다. 분산분석 결과 모든 채널의 알파파에 유의확률이 0.05보다 크게 나타났고(신뢰구간 95%), 따라서 각 위치에 따라 피험자의 알파파가 영향을 미치는지는 통계적으로 확인할 수 없

었다. 베타파에서는 Fp1에서 유의확률이 0.05보다 작은 0.033으로 나타나면서 유의확률 0.05의 조건하에서 통계적으로 유의하게 나타났다(표 8). 이에 귀무가설을 기각하고 대립가설을 채택하였다. 분산의 동질성 검정에서 유의확률이 0.05보다 크므로 등분산을 가정하는 통계분석을 사용하였다(표 9).

각 위치에 따른 Fp1 베타파의 차이가 의미가 있는지 없는지 알 수 없기 때문에, Post-Hoc Test를 수행하였다(표 10). Post-Hoc Test는 등분산을 가정하는 Scheffe검정을 이용하였다. 검정 결과, 유의한 1개의 그룹이 형성 되었다(표 11). 중앙과 왼쪽은 통계적으로 차이가 나는 것으로 나타났다.

중앙에 HUD가 있을 때보다, 좌측에 HUD가 있을 때 베타파가 더 감소하는 것으로 나타났다. 하지만 Fp1 채널의 알파파 및 베타파 간 상관성이 없는 것으로 나타나면서, 베타파가 적다고 알파파가 더 우세하다고 평가할 수 없었다. 하지만 베타파를 기준으로 중앙보다는 좌측이 피험자들이 덜 신경 쓰이는 위치인 것으로 확인할 수 있었다(그림 7).

결과적으로 F7채널은 연구실, 철도 시뮬레이터 실험에서 동일하게 알파파와 베타파는 약한 음의 상관

표 8. 베타파의 분산 분석 결과(철도 시뮬레이터)
Table 8. Result of variance analysis for Beta wave (Railway simulator)

| | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|-----|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| Fp1 | Between Groups | 289.589 | 2 | 144.794 | 4.024 | .033 |
| | Within Groups | 755.548 | 21 | 35.978 | | |
| | Total | 1045.137 | 23 | | | |
| Fp2 | Between Groups | 87.471 | 2 | 43.736 | .513 | .606 |
| | Within Groups | 1790.991 | 21 | 85.285 | | |
| | Total | 1878.462 | 23 | | | |
| F7 | Between Groups | 59.894 | 2 | 29.947 | .388 | .683 |
| | Within Groups | 1621.268 | 21 | 77.203 | | |
| | Total | 1681.162 | 23 | | | |
| F8 | Between Groups | 191.672 | 2 | 95.836 | 1.085 | .356 |
| | Within Groups | 1854.802 | 21 | 88.324 | | |
| | Total | 2046.474 | 23 | | | |

표 9. 분산의 동질성 검정
Table 9. Verify the homogeneity of variance

| | Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|-----|------------------|-----|-----|------|
| Fp1 | 1.063 | 2 | 21 | .363 |
| Fp2 | 2.115 | 2 | 21 | .146 |
| F7 | .170 | 2 | 21 | .845 |
| F8 | .621 | 2 | 21 | .547 |

표 10. 기술 통계량
Table 10. Descriptive statistics for Fp1 Beta wave

| F7 | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error |
|--------|----|---------|----------------|------------|
| center | 7 | 40.8787 | 6.93318 | 2.45125 |
| right | 7 | 39.8125 | 6.54372 | 2.31355 |
| left | 7 | 33.0350 | 4.12871 | 1.45972 |
| Total | 21 | 37.9088 | 6.74097 | 1.37600 |

표 11 Fp1 베타파의 사후 검정 결과(Scheffe)
Table 11. Result of Fp1 Beta wave Post-Hoc Test (Scheffe)

| | N | subset for beta = .05 | |
|--------|---|-----------------------|---------|
| | | 1 | 2 |
| left | 7 | 32.7914 | |
| right | 7 | 40.1429 | 40.1429 |
| center | 7 | | 41.9371 |
| Sig. | | .111 | .863 |

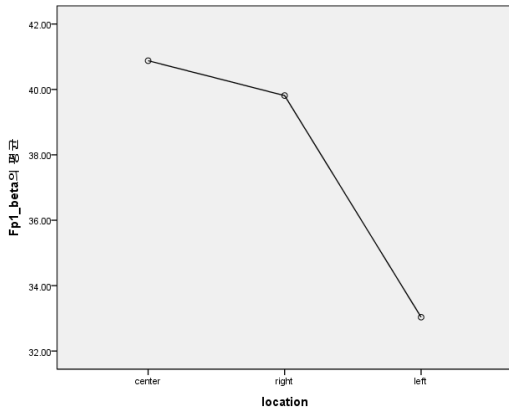


그림 7. Fp1 채널에 대한 모든 피험자들의 베타파 평균 그래프
Fig. 7. Beta wave average graph for all subjects on Fp1 channel

관계가 있는 것으로 나타났고, 철도 시뮬레이터 실험에서는 알파파 간, 베타파 간 상관성이 있는 것으로 나타났다. 연구실 실험에서 피험자들은 6번 위치에 비해 1번, 5번 위치에 베타파가 더 적게 나타났고, 철도

시뮬레이터 실험에서는 중앙보다는 좌측에 HUD가 위치하였을 때 베타파가 낮게 나타났다.

IV. 결론

본 연구는 HUD의 최적화 위치를 도출할 때, 뇌파와 분산분석을 이용한 새로운 방법을 제안하였다. 실험은 연구실 및 철도 시뮬레이터로 나누어 실험을 진행하였다. 데이터 분석은 통계적으로 유의하게 나타난 채널의 뇌파를 이용하였다. 연구실 실험에서는 F7 베타파를, 철도 시뮬레이터에서는 Fp1 베타파를 이용하였다. 본 연구를 토대로 부분적이지만 뇌파를 이용하여 피험자들의 선호위치 경향을 확인할 수 있었다. 하지만 뇌파가 모든 위치에 대해 통계적으로 유의하게 나타나지 않았다. 차후 실험에서는 모집단의 수를 늘리면 지금보다 더 분석된 데이터의 신뢰성을 높일 수 있을 것이라 판단된다.

향후 소음 및 진동에도 올바른 뇌파 측정 기술이 개발되고, 실험 프로토콜을 더욱 체계화 한다면 보다 객관적으로 열차 최적의 HUD 위치를 도출할 수 있다고 판단된다. 또한 본 연구를 기반으로 차후 실험에서는 HUD장비를 시야가 방해되지 않도록 설계하고, 실험 프로토콜을 재정립하여 실험을 진행한다면 보다 나은 결과를 도출할 수 있다 판단된다. 또한 철도의 HUD적용과 관련된 연구에 있어 도움이 되고 HUD의 최적화 위치 도출 연구 분야 이외에도 다른 분야의 연구에 널리 활용 될 것이라 생각한다.

References

- [1] R. Kim, J. P. Lee, and B. S. Kim, "A study on interface of head up display system for automotive," *KSAE 2004 Ann. Fall Conf.*, vol. 3, pp. 1283-1288, Gunsan, Korea, Oct. 2004.
- [2] I. B. Yang, H. K. Lee, and B. W. Kim, "A study of head-up display system for automotive application," *Trans. KSAE*, vol. 15, no. 4, pp. 27-32, 2007.
- [3] H. B. Son, H. J. Ban, K. Yang, and Y. C. Rhee, "A study of head-up display system for vehicle application," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun. 2010*, pp. 317-321, Seoul, Nov. 2010.
- [4] S. H. Yun, H. B. Son, and Y. C. Rhee, "A study of head up display system for next generation vehicle," *J. KICS*, vol. 6, no. 3, pp.

- 106-111, Jun. 2011.
- [5] B. J. Park, W. E. Kang, and T. H. Kim, "The decision of order priority of HUD contents for public transit," *J. Korean Soc. Road Eng.*, vol. 15, no. 1, pp. 135-141, Feb. 2013.
- [6] M. H. Park, H. J. Kim, and C. Y. Chong, "Deduction & weight analysis of scenario-based variable information elements for front window display(head-up display) in a car," *J. Digital Design*, vol. 12, no. 1, pp. 459-468, Jan. 2012.
- [7] M. H. Jung, J. B. Song, Y. S. Han, and Y. S. Yu, "Design and fabrication of holographic head-up display system," *The J. Optical Soc. Korea (Korean Edition)*, vol. 5, no. 2, pp. 225-230, Jun. 1994.
- [8] B. W. Kim, H. D. Cho, and Y. S. Lee, "A study on the characteristics of recognition regarding automotive head up display," *J. Semiconductor & Display Equipment Technol.*, vol. 7, no. 3, pp. 23-27, Sept. 2008.
- [9] S. L. Kwak, "A comparative study on railway accident safety statistics among nations and other transportation modes," *J. Korean Soc. Railway*, vol. 15, no. 2, pp. 193-198, Apr. 2012.
- [10] H. K. Lee and I. B. Yang, "A study of head-up display system for HVI," *2009 Fall Conf. Ergonomics Soc. Korea*, pp. 245-248, Daegu, Korea, Nov. 2009.
- [11] S. H. Kim and C. K. Seong, "A study on ERP and emotion by movement changes of graphic images," *J. Korean Soc. Design Sci.*, vol. 24, no. 4, pp. 143-154, Nov. 2011.
- [12] H. J. Lee, D. I. Shin, and D. K. Shin, "The classification algorithm of users' emotion using brain-wave," *J. KICS*, vol. 39, no. 2, pp. 122-129, Feb. 2014.
- [13] H. K. Kwon and J. S. Cho, "EEG 3-way repeated ANOVA of prefrontal lobe of left and right brain which influences brain activity by the science learning types," *J. Korean Data Anal. Soc.*, vol. 9, no. 3, pp. 1107-1118, Jun. 2007.
- [14] K. H. Chon, H. J. Choi, "A Study on Ubiquitous Psychological State Recognition Model Using Bio-Signals" *J. KICS*, vol. 35, no. 2, pp. 232-243, Feb. 2010.
- [15] H. C. Ahn, J. H. Yeon, and W. H. Lee, "Emotion evaluation analysis of EEG using stimulus of motion picture," in *Proc. Korean Soc. Internet Inf. Conf.*, vol. 7, no. 2, pp. 315-318, Gunsan, Korea, Nov. 2006.
- [16] B. K. Min, "Spectral analysis of brain oscillatory activity," *Korean J. Cognitive Sci.*, vol. 20, no. 2, pp. 155-181, Jun. 2009.
- [17] M. C. Whang, E. K. Ryu, E. H. Beyn, and C. J. Kim, "Normalized sensitivity using EEG as objective emotional index," in *Proc. Korean Soc. Emotion & Sensitivity Conf.*, pp. 80-84, Seoul, Korea, Nov. 1997
- [18] C. S. Kim, "A study on the estimation ergonomics index for evoked potential," in *Proc. KIMICS Spring Integrated Conf.*, vol. 8, no. 1, pp. 434-438, Apr. 2004.
- [19] T. Musha, Y. Terasaki, H. A. Haque, and G. A. Ivanisky, "Feature extraction from EEGs associated with emotions," *Int. Symp. Artificial Life and Robotics*, vol. 1, no. 1, pp. 15-19, Dec. 1997.
- [20] T. Yoshida, "The estimation of mental stress by 1/f frequency fluctuation of EEG," *Int. Congress Series, Brain Topography*, pp. 771-777, Amsterdam, Netherlands, 1998.

왕 창 원 (Chang-won Wang)



2013년 2월 : 순천향대학교 의
료 IT 공학과 졸업 (학사)
2013년~현재 : 순천향대학교 의
료 IT 공학과 석사과정
<관심분야> 생체신호처리, 의
공학, 스마트케어

김 용 규 (Yong-Kyu Kim)



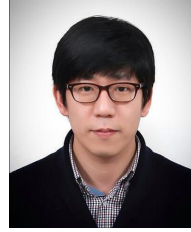
1987년 2월 : 단국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1993년 9월 : 프랑스 로렌 국립 공학원(INPL) 제어공학과 (DEA)

1997년 7월 : 프랑스 로렌 국립 공학원(INPL) 제어공학과 (공학 박사)

1997년~현재 : 한국철도기술 연구원 수석연구원
<관심분야> 자동차열차제어 기술, 무선통신기반 열차제어 기술, 철도신호기술

민 세 동 (Se-Dong Min)



2001년 2월 : 고려대학교 응용 전자공학과 공학사

2004년 2월 : 연세대학교 생체 공학협동과정 공학석사

2010년 2월 : 연세대학교 전기 전자공학과 공학박사

현재 : 순천향대학교 의료IT공학과 교수

<관심분야> 생체계측 및 신호처리, 스마트케어