

# EEG 코히런스에 의한 집중한 손 동작 예측에 관한 연구

우진철<sup>1</sup> · 황민철<sup>2</sup> · 김종화<sup>3</sup> · 김치중<sup>4</sup> · 김용우<sup>4</sup> · 김지혜<sup>4</sup> · 김동근<sup>2</sup>

<sup>1</sup>상명대학교 문화컨텐츠 기술 연구소 / <sup>2</sup>상명대학교 디지털미디어학과 /  
<sup>3</sup>상명대학교 일반대학원 감성공학과 / <sup>4</sup>상명대학교 일반대학원 컴퓨터과학과

## The Research on Prediction of Attentive Hand Movement using EEG Coherence

Jincheol Woo<sup>1</sup>, Mincheol Whang<sup>2</sup>, Jongwha Kim<sup>3</sup>, Chijoong Kim<sup>4</sup>,  
Yongwoo Kim<sup>4</sup>, Jihye Kim<sup>4</sup>, Dong Keun Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Culture Technology Institute, Sangmyung University, Seoul, 110-743

<sup>2</sup>Department of Digital Media Engineering, Sangmyung University, Seoul, 110-743

<sup>3</sup>Department of Emotion Engineering, Sangmyung University The Graduate School, Seoul, 110-743

<sup>4</sup>Department of Computer Science, Sangmyung University The Graduate School, Seoul, 110-743

### ABSTRACT

The study is to find relative EEG power spectrum and pattern of coherence discriminating attentive and inattentive hand movements. Eight undergraduate students aged from 20 to 27 who had not hand disability participated in this study. Participants were asked to perform visuo-motor task. EEG was measured at C3 in 10~20 international system and four areas orthogonally directed 2.5cm away from C3. Significant result discriminating movement and rest was found through coherence analysis between movement areas or movement area and non-movement area, but was individually different. Because it was anticipated that major factors caused by the differences among individuals were attributed to the attention of the subjects, relative power of alpha and beta bands was identified. As a result, significant relative powers of alpha and beta bands were found in a group of high coherence level, but were not found in a group of low level. Next, participants were divided into two groups according to relative powers of alpha and beta bands. The comparison between two groups was performed. As a result, the coherence of the alpha band in the attentive group was greater than that of the inattentive group. It was found that the coherence of the beta band in the inattentive group was happening. Therefore, individual differences of coherence were influenced by attention. The significant coherence patterns that could discriminate attentive movement and inattentive movement were found.

Keyword: EEG, Coherence, Attention

## 1. 서 론

EEG(Electroencephalogram)는 1929년에 Hans Berger가 생각 및 감정을 전달하는 에너지가 있다는 가설을 증명하기 위해 두개골에 전극을 부착하여 뇌 전위를 측정하면서 발견한 이후로 80년 동안 뇌의 기능에 관한 연구들에 사용되어 왔다(Sauseng et al., 2008). EEG는 뇌 신경전달의 전기적 특징으로 인해 인지 신경과학 연구에 좋은 측정 방법으로 사용된다. 뇌의 최소 기능 단위인 뉴런은 전기적, 화학적 과정을 통하여 정보를 전달하는데 이때 발생하는 전위의 변화가 발생한다. 뉴런은 여러 신경전달 물질들을 가지고 있으며 이런 물질들이 투사됨으로써 뇌파의 활성화가 이루어진다. 특히 시스템화 되어 있는 콜린성, 노르아드레날린성 그리고 세라토닌성 시스템은 각 전달물질의 양과 집중력이 연관되어 있다(Marie, 2004).

인지 신경과학 분야의 초기에 위와 같은 뇌 기능 수행 과정은 측정 영역에 따른 기능적 변화를 확인할 수 있는 주파수 분석 방법으로 연구되었다. 하지만 더욱 정확한 EEG 패턴이 요구됨에 따라 ICA(Independent Component Analysis), AR(Auto Regression) 등과 같은 신호처리 기법이 적용되어 특징적인 요소를 추출하는 분석 방법이 개발된다. 그리고 사지 동작을 제어하는 뇌 기능에 대한 연구가 중요시 됨에 따라 사지 운동 작업 시의 주파수 별 EEG 패턴으로 동작을 구분하는 ERD(Event related Desynchronization)/ERS(Event related Synchronization) 분석 방법이 사용되었다(황민철 등, 2004; 김영주 등, 2007). 하지만 이와 같은 뇌의 각 영역에서 측정된 단일 신호를 분석하는 방법으로는 기능을 수행하기 위해 뇌의 영역들이 연결되는 과정을 확인하기에는 부족하다. 코히런스(Coherence)는 뇌 기능의 수행 과정을 확인하기 위해 각 측정 영역 사이의 상관관계를 정량화하여 각 영역들 사이의 연결성을 확인할 수 있는 분석 방법이다(Ruchkin, 2005). 그 예로 손 운동을 지시하는 작업에서 EEG 데이터 간의 코히런스를 분석한 실험에서 양쪽 반구 영역에서의 코히런스가 증가하는 결과로 인지 후 행동 과정까지의 뇌에서의 데이터 흐름을 확인하였다(Manganotti et al., 1998; Babiloni et al., 2006). 또한 시각 자극으로 인한 운동지시 실험에서 EEG 데이터 간의 코히런스를 분석한 결과로 운동 시의 알파 코히런스가 광범위하게 높게 나타났고 이로써 의식 있는 시각 인지 과정이 이루어질 때의 코히런스 변화 양상을 알 수 있었다(Moore et al., 2008). 동작 시에 발생하는 EEG를 측정하여 뇌의 영역에 따른 코히런스 분석 결과를 확인한 실험에서는 감각 및 운동 영역 간의 알파 코히런스가 증가하는 결과와 1차 체성 영역에서의 코히런스가 증가하는 결과로

뇌의 시각 인지과정을 확인할 수 있었다(김영주 등, 2008).

EEG 사이의 코히런스 분석만 아니라 손 운동 시 발생하는 근육의 활동을 측정한 EMG와 뇌의 운동 영역에서 측정된 EEG 사이의 코히런스 분석으로 동작을 구분하는 연구가 시도되고 있고 사지 동작이 불편한 사람들을 위한 재활을 목적으로 활용되고 있다(Bortel et al., 2006; Aoki et al., 2001).

하지만 코히런스 분석은 같은 작업을 수행하여도 개인에 따라 유의한 코히런스의 값과 영역들에 차이가 있는 것이 확인되었다(Whang et al., 2009). 코히런스의 개인차는 작업 수행 시의 집중력이 개인마다 다르기 때문인 것으로 예상되기 때문에 집중력의 차이를 확인하는 것이 필요하다. 2차원 공간에서 상상훈련으로 상하 좌우로 커서를 이동시키는 작업을 지시하는 실험에서 수행 능력이 낮은 피실험자군보다 수행 능력이 높은 피실험자의 전두엽 영역에서 측정된 알파 주파수의 EEG 파워가 상승한 결과로 전환 집중력이 높은 인원의 알파 주파수가 높은 것을 확인할 수 있었다(Van Gerven et al., 2009). 그리고 시각 자극으로 인한 오른손 검지를 움직이는 태스크를 제시한 실험에서 베타 주파수의 파워를 확인한 결과 높은 수행 능력을 가진 인원이 낮은 수행 능력을 가진 인원보다 베타 주파수의 EEG 파워가 높은 결과를 보여주었다(Kristeva et al., 2007). 앞의 연구와 동일하게 집중력 결핍 장애를 가진 어른의 경우 미들라인 영역의 베타 파워가 제어군 보다 낮은 결과를 확인할 수 있었다(Clarke et al., 2008). 이 결과들을 통해 집중력이 높은 인원의 알파 및 베타 파워가 집중력이 낮은 인원보다 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

EEG 코히런스 분석으로도 집중력 및 작업 수행 능력을 확인할 수 있는데 진행된 연구는 다음과 같다. 카드 순서 확인 작업을 제시하고 전두엽 영역에서 측정된 EEG를 코히런스 분석한 연구에서 작업 수행 능력이 떨어지는 인원들의 코히런스들이 알파와 베타 영역에서 감소되었다(Carrillo et al., 2007). 그리고 집중력 결핍 장애를 가진 아이들의 EEG를 측정하여 코히런스 분석을 실행한 결과 많은 영역에서 베타 코히런스가 증가함을 확인할 수 있었다(Clarke et al., 2007). 이와 같은 결과로 집중력이 낮은 인원들의 코히런스가 감소하며 베타 코히런스가 증가한다는 결과를 확인할 수 있었다.

위의 연구들을 통해 주파수 별 EEG 파워와 집중력과 연관관계가 있다는 사실을 알 수 있었고 집중력 및 작업 수행 능력 차이에 따라 다른 코히런스 패턴을 보임을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 손 동작 시의 개인 별로 차이가 있는 코히런스 패턴들이 집중력 또는 작업 수행 능력과 관계가 있을 것으로 생각되어 주파수 별 EEG 파워를 확인하였고 개인 별로 차이가 있는 주파수 별 EEG 파워를 기준

으로 코히런스 패턴들을 확인하였다. 이는 단순히 기능적인 손 동작을 구분하는 것에서 나아가 집중 여부까지 확인할 수 있다는 점에서 새로운 분석 방법이라고 할 수 있다.

그러므로 시각 자극으로 유발된 동작들의 EEG 데이터로 집중한 동작과 집중하지 않은 동작을 구분할 수 있는 패턴이 있음을 가정하고 주파수 별 EEG 파워 및 측정 영역 사이의 EEG 코히런스의 변화를 분석하여 검증하였다.

## 2. 연구 방법

시각 자극으로 인한 손 동작을 하였을 시 집중한 동작과 집중하지 않은 동작을 구분해주는 유의한 EEG 코히런스 패턴이 있음을 연구가설로 설정하였다. 가설을 증명하기 위해 오른 손의 쥐고 펴는 동작과 휴식을 독립변수로 동작 또는 휴식 시에 발생하는 알파 및 베타 주파수의 각 측정 영역의 상대적 EEG 출현량과 각 측정 영역 사이의 EEG 코히런스를 종속변수로 결정하였다. 실험을 진행하기 위해 손 동작에 이상이 없는 20~27세의 대학생 8명이 피실험자로 참여하였다. 그림 1은 피실험자가 전극을 부착하고 실험을 진행하고 있는 장면이다.



그림 1. 실험 장면

EEG를 측정하기 위해 그림 2와 같이 국제 10~20 측정법에 의거한 C3 영역과 상하 좌우로 2.5cm 떨어진 4개의 지점에 전극을 부착하였다. 이와 같은 측정 지점은 비운동 영역과 운동 영역 사이의 코히런스 또는 운동 영역 간의 코히런스를 통해 인지 과정을 살펴보기 위해 배치하였다 (Whang et al., 2009).

그림 3은 실험 진행 동안 사용된 프로그램의 화면이다. 실시간 동작 예측 프로그램은 EEG를 수집하고 코히런스 분석과 주파수 별 상대출현량을 분석하여 실시간으로 동작

을 판별하는 프로그램이다. 위 그림의 ①, ②는 알파 및 베타 코히런스의 변화를 실시간으로 살펴볼 수 있는 코히런스 맵이다. ③은 모든 채널의 코히런스에 대한 선형 그래프이고, ④는 측정된 EEG를 실시간으로 확인할 수 있는 그래프이다. ⑤는 모든 채널의 코히런스를 3차원 그래프로 확인할 수 있는 그래프이고, ⑥은 피실험자에게 동작과 휴식을 지시하는 상황을 확인할 수 있는 실험자용 동작 지시 램프다. ⑦은 피실험자에 대한 정보와 분석 조건을 제어할 수 있는 제어 창이고, ⑧ 실험 진행 상황을 확인할 수 있는 뷰 창이다.

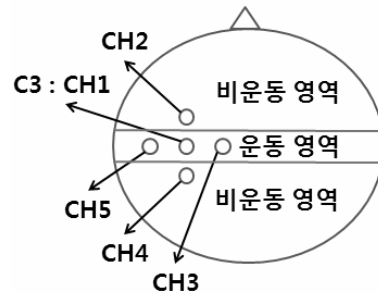


그림 2. EEG 측정 지점

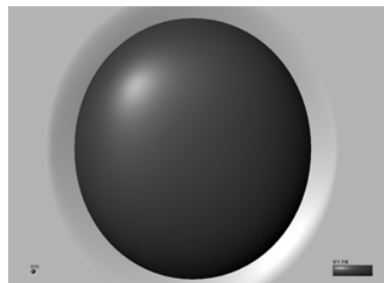
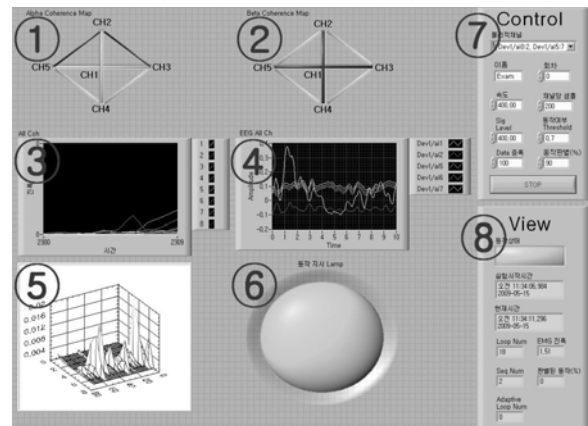
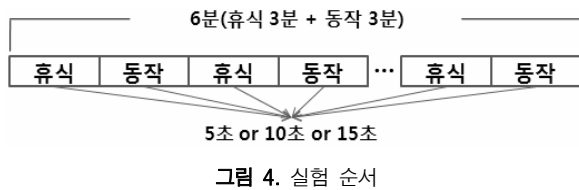


그림 3. 실시간 동작 예측 프로그램 (위 그림: 실험자용 화면, 아래 그림: 피실험자용 화면)

실험 시작 전 피실험자에게는 편한 자세에서 그림 3의 피

실험사용 화면과 같은 동작 지시 램프를 보고 불이 켜지면 오른손을 쥐고 펴는 동작을 하고 불이 꺼지면 휴식을 취하도록 지시하였다. 실험은 그림 4와 같이 휴식 3분과 동작 3분으로 총 6분간 진행되었다. 제시시간은 동작과 휴식의 3분을 5초, 10초, 또는 15초로 나누어 정해진 132개의 시간 구간을 동작과 휴식이 번갈아 가며 제시되었다. 이와 같은 방법은 자동 반응을 피하고 집중력을 요하는 의도 반응을 유발하기 위하여 사용되었다.



실험 동안 수집된 총 데이터 양은 8명이 3분 동안 1초에 약 2회 동작하였으므로 약 2880회의 손 동작에 대한 EEG 데이터와 3분 휴식하는 동안의 EEG 데이터가 수집되었다.

### 3. 분 석

$$\Gamma_{xy}(\omega) = \sum_{r=-\infty}^{\infty} C_{xy} \exp -2\pi r\omega, \omega \in [-1/2, \dots, 1/2] \quad (1)$$

$$A_{xy}(\omega)^2 = \text{Re}(\Gamma_{xy}(\omega))^2 + \text{Im}(\Gamma_{xy}(\omega))^2 \quad (2)$$

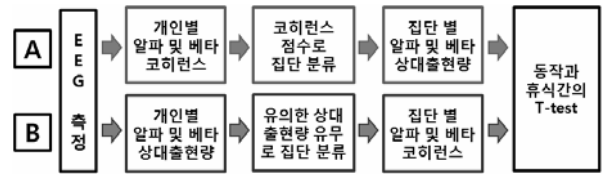
$$k_{xy}(\omega) = \frac{A_{xy}(\omega)^2}{\Gamma_{xx}(\omega)\Gamma_{yy}(\omega)} \quad (3)$$

코히런스 분석은 위의 식 (1), (2) 그리고 (3)으로 분석된다. 크로스 스펙트럼을 구하는 식 (1)은 공분산 함수인  $C_{xy}$ 로부터 정의되며 코히런스를 구할 때 사용된다. 식 (2)는 크로스 파워인  $A_{xy}$ 를 구하는 식으로  $x, y$ 의 크로스 스펙트럼에서 실수인  $Re$ 의 제곱과 허수인  $Im$ 의 제곱을 더하여 구한다. 식 (3)은 코히런스  $k_{xy}$ 의 계산식으로 파워 스펙트럼의 제곱을  $x$ 의 크로스 스펙트럼과  $y$ 의 크로스 스펙트럼을 곱한 값으로 나누어 계산한다(Ruchkin, 2005).

$$ARP_x(\omega) = \frac{\alpha_x(\omega)}{\delta_x(\omega) + \theta_x(\omega) + \alpha_x(\omega) + \beta_x(\omega)} \quad (4)$$

$$BRP_x(\omega) = \frac{\beta_x(\omega)}{\delta_x(\omega) + \theta_x(\omega) + \alpha_x(\omega) + \beta_x(\omega)} \quad (5)$$

식 (4)에서 ARP는 Alpha frequency of Relative Power의 약자로 알파 주파수의 상대적 양을 구하는 식이다. 식 (5)에서 BRP는 Beta frequency of Relative Power의 약자로 베타 주파수의 상대적 양을 구하는 식이다. 식 (4)와 (5)에서  $\delta_x(\omega), \theta_x(\omega), \alpha_x(\omega)$  그리고  $\beta_x(\omega)$ 는 EEG 신호의 델타, 세타, 알파 그리고 베타 주파수의 양이다. 확인하려는 주파수의 양을 4개의 주파수의 양을 더한 값으로 나누어 상대적인 주파수의 양을 구하였다.



분석은 그림 5와 같이 동작이 진행되는 동안 EEG를 수집하여 각 채널에서 수집된 데이터를 두 개의 분석 프로세스로 분석하였다. 분석 프로세스 A에서 코히런스 점수를 기준으로 집단 1과 집단 2로 분류한 후 집단 간의 집중력 차이를 확인하였고 분석 프로세스 B에서는 개인별 집중력의 차이를 기준으로 집단 3과 집단 4로 분류한 후 집단 간의 코히런스 패턴을 확인하였다.

프로세스 A는 운동 영역의 채널들 또는 운동 영역의 채널과 비 운동 영역의 채널들 사이의 코히런스를 계산한 후 개인 별로 동작과 휴식 사이의 유의한 차이를 보인 채널 쌍의 코히런스를 유의수준에 따라 가중치를 주어 점수화하고 점수가 높은 인원들의 집단인 집단 1과 점수가 낮은 인원들의 집단인 집단 2로 나누었다. 분류된 집단의 집중력을 확인하기 위해 기존의 연구들에서 집중력의 기준으로 사용되는 알파, 베타 그리고 베타/알파 주파수의 상대출현량을 적용하였다. 휴식 상태보다 동작 상태에서 알파 주파수가 낮아지거나 베타 주파수가 높아진다면 동작 시에 집중할 것으로 판단할 수 있기 때문에 동작과 휴식으로 나누어 T-test한 후 주파수 별 유의한 차이가 보이는지 확인하였다.

프로세스 B는 개인 별 알파, 베타 그리고 베타/알파 주파수의 상대출현량 중 동작과 휴식 간의 유의한 차이가 있는 채널이 있는지를 확인하여 존재하는 인원들의 집단인 집단 3과 존재하지 않는 인원들의 집단인 집단 4로 집단화 하였다. 그리고 분류된 집단 별로 동작과 휴식 간의 유의한 차이를 보이는 채널 별 코히런스 결과를 구하여 집중한 집단과 집중하지 않은 집단의 코히런스 패턴을 확인하였다.

$$CScore = (N_{Hcoh} \times 2) + N_{Lcoh} \quad (6)$$

식 (6)은 그림 4의 프로세스 A에서 집단화 하기 위한 기준으로 사용된 코히런스 점수를 계산하는 식이다.  $C_{Score}$ 는 코히런스 점수를 의미한다.  $N_{Hcoh}$ 는 유의수준 0.05 이하의 높은 유의수준을 보이는 코히런스의 수를 의미하고,  $N_{Lcoh}$ 는 유의수준 0.1 이하의 낮은 유의수준을 보이는 코히런스의 수를 의미한다. 유의수준은 코히런스 패턴의 신뢰 정도로 이해할 수 있다. 코히런스 채널 쌍의 개수는 동작 시 뇌의 기능적 연결성 정도를 확인할 수 있다(Sauseng et al., 2008). 따라서 통계적으로 의미 있고 신뢰도가 높은 채널 쌍인  $N_{Hcoh}$ 는 2를 곱하여 가중치를 주었고 유의한 코히런스 채널 쌍들을 모두 더하여 기능적 연결성의 정도를 점수화하였다.

### 4. 결 과

측정된 EEG를 개인 별로 코히런스 분석하고 동작과 휴식 간의 유의한 차이를 확인한 결과를 그림 6과 같이 제시하였다.

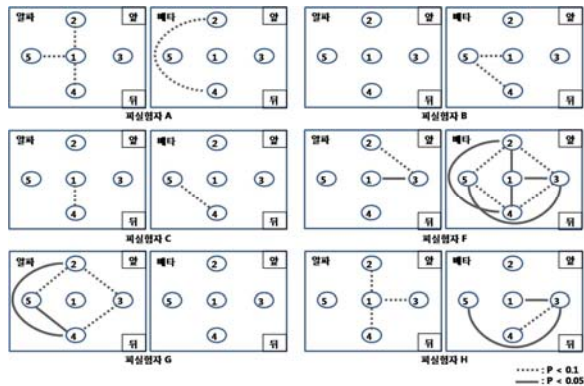


그림 6. 개인 별 코히런스 분석 결과

그림에서 보이는 숫자는 채널을 의미하고 각 채널을 이어주는 점선은 동작과 휴식 간의 코히런스가 유의수준 0.1 이하의 차이를 보이는 것을 표시하고 일반 선은 유의수준 0.05 이하의 차이를 보이는 것을 표시한다. 피실험자 D와 E의 코히런스 분석 결과는 동작과 휴식 간의 유의한 차이를 보인 채널 쌍이 없기 때문에 제시하지 않았고 이후의 분석에서도 제외하였다.

표 1은 그림 6의 개인 별 코히런스 분석 결과를 바탕으로 코히런스 점수를 계산한 표이다. 8명의 피실험자 중에 피실험자 A, B 그리고 C는 스코어가 5 미만으로 낮았고, 피실험자 F, G 그리고 H는 7 이상으로 높은 것으로 확인되

었다. 따라서 점수가 낮은 집단 1과 높은 집단 2로 분류할 수 있었고 집단 2가 손 동작 동안의 정보처리 활동이 집단 1보다 더 활발히 이루어짐을 알 수 있었다.

표 1. 피실험자 별 코히런스 점수

피실험자	$N_{Hcoh}$	$N_{Lcoh}$	$C_{score}$
A	0	4	4
B	0	2	2
C	0	2	2
F	4	5	13
G	2	3	7
H	2	4	8

동작했을 때와 휴식했을 때의 EEG 데이터를 분류된 집단 별로 T-test한 결과는 그림 7과 같다.



그림 7. 집단 별 동작과 휴식 사이의 주파수 별 분석 결과

집단 1은 유의한 차이가 보이지 않았고, 집단 2는 베타 주파수의 양/알파 주파수의 양의 경우 채널 5에서 유의한 차이를 보였다( $t=2.816, p<0.05$ ). 그리고 알파 주파수의 양은 채널 1을 제외한 모든 채널에서 유의한 결과를 보였고 (채널 2;  $t=2.699; p<0.05$ , 채널 3;  $t=2.699; p<0.05$ , 채널 4;  $t=2.699; p<0.05$ , 채널 5;  $t=3.368; p<0.05$ ), 베타 주파수의 양은 채널 1과 5를 제외한 모든 채널에서 유의한 차이를 보였다(채널 2;  $t=1.673; p<0.1$ , 채널 3;  $t=1.674; p<0.1$ , 채널 4;  $t=1.674; p<0.1$ ). 이 결과로 높은 집중력을 가진 인원과 정보처리 활동이 활발히 이루어지는 인원이 일치하는 것을 확인하였다.

그림 8은 동작했을 때와 휴식했을 때의 EEG 데이터를 개인별로 T-test한 결과이다.

피실험자 A, B, C, D 그리고 E에서는 동작과 휴식 간의

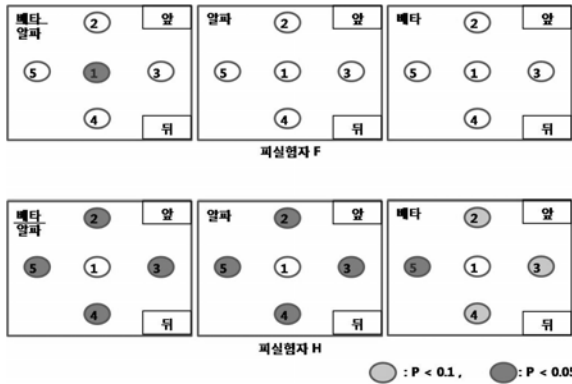


그림 8. 개인별(피실험자 F, H) 동작과 휴식 사이의 주파수 별 분석 결과

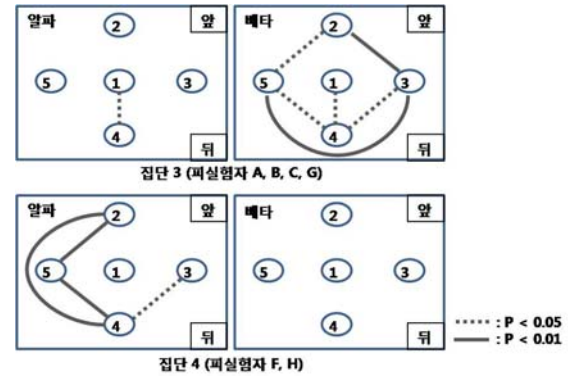


그림 9. 집단 별 동작과 휴식 사이의 코히런스 분석 결과

유의한 차이가 보이는 채널이 없었고, 많은 코히런스 채널 쌍을 보여주었던 피실험자 G도 유의한 차이를 보이지 않았다. 코히런스의 채널 쌍이 많았던 피실험자 F는 베타/알파 주파수의 상대출현량이 채널 1에서 유의한 차이를 보였다 ( $t=3.071, p<0.05$ ). 피실험자 H는 베타/알파 주파수의 상대출현량이 채널 1을 제외한 모든 채널에서 유의한 차이를 보였다(채널 2;  $t=2.116; p<0.05$ , 채널 3;  $t=2.107; p<0.05$ , 채널 4;  $t=2.109; p<0.05$ , 채널 5;  $t=3.218; p<0.05$ ). 알파 주파수의 상대출현량도 채널 1을 제외하고 유의한 차이를 보였으며(채널 2;  $t=4.946; p<0.01$ , 채널 3;  $t=4.944; p<0.01$ , 채널 4;  $t=4.948; p<0.01$ , 채널 5;  $t=5.352; p<0.01$ ), 베타 주파수의 상대출현량도 동일한 채널에서 유의한 차이를 확인하였다(채널 2;  $t=1.948; p<0.1$ , 채널 3;  $t=1.958; p<0.1$ , 채널 4;  $t=1.960; p<0.1$ , 채널 5;  $t=2.278; p<0.05$ ). 피실험자 F와 H에서 유의한 차이를 보인 채널이 확인됨에 따라 손 동작 시에 집중했다는 것을 알 수 있었다.

그림 8의 결과를 통해 A, B, C, 그리고 G를 집중하지 않은 집단 3으로 분류하고 F와 H를 집중한 집단 4로 분류하여 채널 별 코히런스를 확인한 결과는 그림 9와 같다. 집중하지 않은 집단 3은 베타 주파수 영역에서 동작과 휴식 간의 유의한 차이를 보인 코히런스 채널 쌍이 많이 보임을 확인할 수 있고 집중한 집단 4는 알파 주파수 영역에서 동작과 휴식 간의 유의한 차이를 보인 코히런스 채널 쌍이 많이 보임을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 알파 코히런스의 경우 집중력 및 수행 성과가 낮은 피실험자들에게서 낮게 나타난다고 한 이전 연구들의 결과와 동일하였다(Carrillo et al., 2007). 그리고 집중하지 않은 집단 3의 베타 코히런스의 경우 채널 쌍이 많은 결과는 집중력 장애가 있는 어린이의 베타 코히런스가 제어군 보다 낮은 결과와 동일하였다(Clarke et al., 2007).

### 5. 결론 및 토의

본 연구에서는 시각적인 자극으로 인해 손을 동작하였을 때 EEG 코히런스의 개인차가 작업에 대한 집중력의 개인차에 따른 것이라는 가정하에 집단 별 EEG의 주파수 별 상대출현량과 EEG 코히런스의 패턴을 확인하였다.

개인별 동작과 휴식 간의 유의한 차이를 보이는 채널 쌍의 코히런스를 가중치를 주어 점수하고 점수가 높은 집단과 낮은 집단으로 나누어 알파 및 베타 주파수의 상대출현량을 분석하였다. 그리고 집단 별로 동작과 휴식 간의 유의한 차이를 보이는 상대출현량을 확인한 결과 높은 코히런스 점수를 보인 집단에서만 유의한 차이를 보인 채널이 확인되었기 때문에 개인별 코히런스의 채널 쌍의 차이가 집중력에 의한 결과임을 알 수 있었다.

개인별 동작과 휴식 간의 유의한 차이를 보이는 상대출현량의 채널이 있는 집단과 없는 집단으로 나누어 동작과 휴식 간의 유의한 코히런스 패턴을 확인하였다. 집중한 집단으로 판단되는 상대출현량의 채널이 있는 집단은 집중하지 않은 집단보다 동작과 휴식 간의 유의한 차이를 보이는 알파 코히런스의 채널 쌍이 더 많고 집중하지 않은 집단은 베타 코히런스의 채널 쌍이 확인되는 패턴을 발견하였다. 이전의 연구 결과였던 인지 과정을 코히런스로 확인하는 방법과 비교하여 인지 과정 중 집중 여부를 확인할 수 있는 코히런스 패턴이 확인되었다는 점이 새로운 결과이다.

가설의 검증 결과 집중한 집단과 집중하지 않은 집단으로 나눌 수 있는 코히런스의 패턴을 통해 집중한 동작과 집중하지 않은 동작의 코히런스 패턴이 차이를 보임을 알 수 있었다. 이후의 연구로는 확인된 코히런스의 패턴을 적용시켜 집중한 동작과 집중하지 않은 동작을 구분할 수 있는 시스템을 개발할 예정이다.

## 참고 문헌

- 김영주, 황민철, 강희, and 김종화, "Brain Computer Interface를 위해 Independent Component Analysis 적용한 실시간 ERD (Event Related Desynchronization), ERS (Event Related Synchronization) 추출기", *대한인간공학회 학술대회논문집 대한인간공학회 2007 추계 학술대회*, 55-59, Pusan. Korea, 2007.
- 김영주, 황민철, and 강희, EEG와 EMG의 Coherence을 이용한 BCI 연구, *대한인간공학회 대한인간공학회지*, 27(2), 9-14, 2008.
- 황민철, 최철., 컴퓨터와 인터페이스를 위한 뇌파의 ERD/ERS와 동작반복도간의 상관성에 관한 연구, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 23(4), 57-66, 2004.
- Aoki, F., Fetz, E. E., Shupe, L., Lettich, E. and Ojemann, G. A., Changes in power and coherence of brain activity in human sensorimotor cortex during performance of visuomotor tasks, *Biosystems*, 63(1-3), 89-99, 2001.
- Babiloni, C., Brancucci, A., Vecchio, F., Arendt-Nielsen, L., Chen, A. C. N. and Rossini, P. M., Anticipation of somatosensory and motor events increases centro-parietal functional coupling: An EEG coherence study, *Clinical Neurophysiology*, 117(5), 1000-1008, 2006.
- Carrillo-de-la-Pe, M. T. and Garcia-Larrea, L., Right frontal event related EEG coherence (ERCoh) differentiates good from bad performers of the Wisconsin Card Sorting Test (WCST), *Neurophysiologie Clinique/ Clinical Neurophysiology*, 37(2), 63-75, 2007.
- Clarke, A. R., Barry, R. J., Heaven, P. C. L., McCarthy, R., Selikowitz, M. and Byrne, M. K., EEG in adults with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder, *International Journal of Psychophysiology*, 70(3), 176-183, 2008.
- Clarke, A. R., Barry, R. J., McCarthy, R., Selikowitz, M., Johnstone, S. J., Hsu, C.-I., Magee, C. A., Lawrence, C. A. and Croft, R. J., Coherence in children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder and excess beta activity in their EEG, *Clinical Neurophysiology*, 118(7), 1472-1479, 2007.
- Kristeva, R., Patino, L. and Omlor, W., Beta-range cortical motor spectral power and corticomuscular coherence as a mechanism for effective corticospinal interaction during steady-state motor output, *NeuroImage*, 36(3), 785-792, 2007.
- Manganotti, P., Gerloff, C., Toro, C., Katsuta, H., Sadato, N., Zhuang, P., Leocani, L. and Hallett, M., Task-related coherence and task-related spectral power changes during sequential finger movements, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/ Electromyography and Motor Control*, 109(1), 50-62, 1998.
- Marie T. Banich, *Cognitive Neuroscience and Neuropsychology*, 2/e, Houghton Mifflin Company, 2004.
- Mincheol Whang, Jincheol Woo, and Jongwha Kim., "The research on EEG coherence around central area of left hemisphere according to grab movement of right hand", *HCI International 2009*, San Diego, CA, 2009.
- Moore, R. A., A. Gale, P. H. Morris, and Forrester, D., Alpha power and coherence primarily reflect neural activity related to stages of motor response during a continuous monitoring task, *International Journal of Psychophysiology*, 69(2), 79-89, 2008.
- Ruchkin, D., EEG coherence, *International Journal of Psychophysiology*, 57(2), 83-85, 2005.
- Sauseng, P. and Klimesch, W., What does phase information of oscillatory brain activity tell us about cognitive processes?, *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(5), 1001-1013, 2008.
- Van Gerven, M. and Jensen, O., Attention modulations of posterior alpha as a control signal for two-dimensional brain-computer interfaces, *Journal of Neuroscience Methods*, 179(1), 78-84, 2009.

---

## 저자 소개

- ❖ 우진철 ❖ mcun@naver.com  
 상명대학교 컴퓨터과학과 석사  
 현 재: 상명대학교 문화콘텐츠 기술 연구소 연구원  
 관심분야: BCI, 감성공학, 인간공학
- ❖ 황민철 ❖ whang@smu.ac.kr  
 Georgia Institute of Technology 박사  
 현 재: 상명대학교 디지털미디어학부 교수  
 관심분야: HCI, BCI, 감성공학, 인간공학
- ❖ 김종화 ❖ rmx2003@naver.com  
 상명대학교 컴퓨터과학과 석사  
 현 재: 상명대학교 컴퓨터과학과 석사  
 관심분야: 생리신호 분석, 감성인식, 감성인터랙션
- ❖ 김치중 ❖ gatsgrain@nate.com  
 상명대학교 디지털미디어학부 학사  
 현 재: 상명대학교 컴퓨터과학과 석사  
 관심분야: 정신생리학, 감성공학, HCI
- ❖ 김용우 ❖ kimyongwoogo@nate.com  
 상명대학교 디지털미디어학부 학사  
 현 재: 상명대학교 컴퓨터과학과 석사  
 관심분야: HCI, UX
- ❖ 김지혜 ❖ kimjh0805@gmail.com  
 상명대학교 디지털미디어학부 학사  
 현 재: 상명대학교 컴퓨터과학과 석사  
 관심분야: UX Design, 감성공학, HCI, 감성추론
-

---

❖ 김 동 근 ❖ dkim@smu.ac.kr

연세대학교 생체공학 박사

현 재: 상명대학교 디지털미디어학부 전임강사

관심분야: 감성공학, 인간공학, 생체신호, BCI

---

---

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2009년 12월 04일

논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 02월 17일

논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 02월 23일