

# 동작에 의한 뇌파의 이동평균성 ERD(Event Related Desynchronization)에 관한 연구

황민철\*(상명대 미디어학부) 최철(상명대 뇌정보통신연구소)

Research on moving averaged ERD of EEG by the movement of body limbs

M. C. Whang (Media Tech. Dept. Sangmyung Univ.), C. Choi(Brainware Lab, Sangmyung Univ)

## ABSTRACT

BMI(brain machine interface) has been recently applied to give a disabled person mobility. This study is to determine the effective EEG parameters for predicting the movement moment of body limbs thought analysis of moving averaged ERD. The results showed that the proposed method for classifying EEG for predicting the movement seemed to be better than the classical method of determining ERD.

**Key Words** : BMI(brain machine interface), EEG(뇌파), ERD(Event Related Desynchronization).

## 1. 서론

BMI(Brain machine interface)기술은 인간의 의도를 기계에 전달하여 적절한 반응을 하도록 의사소통을 위한 하드웨어, 소프트웨어 및 디자인 기술을 통합한 기술이다. 컴퓨터 기술이 발전하면서 모든 기계는 컴퓨터화 되면서 컴퓨터 조작능력이 기계를 제어하기 이르렀다.

그러므로 신체장애자는 컴퓨터 조작능력이 갖추어지면 편재해 있는 모든 기계를 조작할 수 있게 된다. 신체장애자에게 컴퓨터 조작의 자유도를 부여하기 위한 연구 중에 컴퓨터 커서를 인간동작으로 유발된 뇌파를 이용하여 작동시키는 연구가 활발히 진행중이다[1-6]. 동작 상태에서의 뇌파를 측정하여 신호처리를 거쳐 유의한 뇌파변수를 추출하여 동작을 예측하도록 하는 것이다. 그러나 대부분의 연구는 뇌파를 얼마나 정확하게 분석하는가에 초점이 맞추어져 있다. BMI에 적용되는 뇌파 분석 방법은 ERD/ERS(Event Related Desynchronization / Synchronization)이다[7].

ERD/ERS 분석은 정확한 동작시점을 구분하기 어려운 단점이 있고 향상된 정확도를 위한 분석 방법이 필요한 실정이다. 그러므로 본 연구는 기존 ERD/ERS 방법에 이동평균 방법을 이용하여 분석결과를 향상시키고자 하였다.

## 2. 방법

본 연구는 ERD/ERS의 동작시점인 trigger 추정이 명료하게 정의되어야 동작 예측을 할 수 있음을 파악하고 trigger 추정을 위한 방법을 제안하고자 한다.

동작으로 유발된 뇌파를 수집하였다. 3명의 대학생을 대상으로 최초 자연 풍경이 화면에 제시되고, 7초 후에 좌, 우측 손을 1회 또는 3회 쥐었다 펴거나 오른쪽 발 엄지 발가락을 1회 또는 3회 움직이도록 하는 명령을 제시하게 된다. 1회 동작의 경우 1.5초 3회 동작의 경우 2.5초 동안 동작 명령을 제시 하였다. 동작의 횟수는 동작 종류별로 5회씩 하여 총 30회 Trial이 하나의 Session을 이루고, 총 6 Session을 측정 하였다. ERD/ERS를 구하기 위하여 다음과 같이 7단계의 신호처리를 한다.

- ① 2 Hz 간격으로 Band-pass filtering을 한다.
- ② 이 데이터를 제곱화 한다.
- ③ 62.5ms 간격으로 평균 구한다.
- ④ 각 trial마다 평균을 낸다
- ⑤ ERD 되는 주파수 영역 확인한다.
- ⑥ 8-14 Hz 대의 ERD를 구한다.
- ⑦ 1초 길이로 이동평균 구한다.
- ⑧ 1초 길이로 이동평균의 이동평균(이하 더블 이동평균)을 구한다.

여기에서 ⑦의 이동평균은 기존에 복잡한 형태의 데이터를 smoothing하기 위한 방법이다. 이 방법

의 특징은 변화가 심한 형태의 집합을 하나의 포인트로 집결시키는 특징을 가지고 있기 때문에, ERD 탐색에 있어서 인간의 동작과 관련된 ERD 의 발생 보다는 ERD 진행의 최하위 점을 탐색하기 위함이다.

여기에서 ERD 를 수치 값으로 계산하기 위해서는 Reference 영역이 필요한데, 어느 위치를 기준으로 하여 Reference 영역을 선택할 것인가 이다. ERD 계산 수식을 소개하면 다음과 같다.

$$ERD(j)=(R-A(j))*100\% \div R \quad (1)$$

R=임의의 k 개 샘플의 평균  
A(j) = j 번째 샘플의 파워 값

### 3. 결과

아래의 그림 1 은 각 좌, 우측손, 발 동작의 1 회 및 3 회 동작에 대한 뇌파 측정치를 Trigger 발생 전 3 초 와 Trigger 명령 제시 최장 2.5 초 및 명령 제시 후 4 초 길이의 Data 를 위의 신호처리 순서에 따라 처리하여 모든 피실험자 들의 Data 를 Averaging 한 것이다.

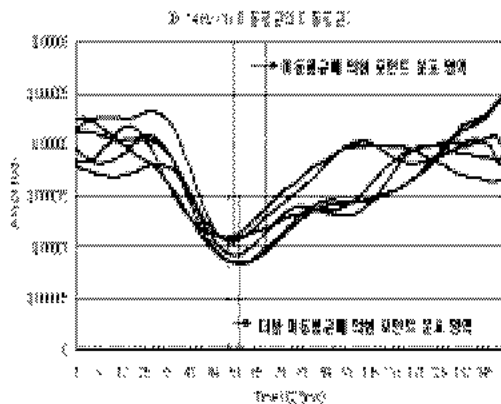


Fig 1. The range of ERD by moving average method

신호처리를 ⑦까지만 수행하였을 경우 각 기준 포인트 들이 포인트(곡선에서 가장 작은 값) 61(자극 제시 시점=48, 62.5ms 간격의 평균으로 표현된 포인트)에서부터 포인트 67 까지 퍼져 있는데 반해 신호처리 ⑧까지 수행한 경우 포인트 55 에서부터 59 까지 그 간격들이 좁아지게 된다. 즉, 하나의 위치로 수렴해 가는 것을 확인할 수 있는 것이다.

그림에서와 같이 각 포인트의 분포 영역이 작아

지면, 보다 정확한 Trigger 의 발생 시점을 계산 할 수 있음을 의미하는 것으로, BMI 장비의 사용자가 스스로 발생시킨 의지를 Trigger 로서 인식하여 보다 정확한 시간대에 동작 시킬 수 있게 된다.

즉, 더블 이동평균법으로 구한 ERD 된 영역 중 가장 작은 값을 기준으로 일정 시간대 이전에 특수 동작을 요하는 사용자 의지의 발생이 이루어 졌다고 파악할 수 있게 되며, 이를 기준으로 해당 동작을 작동하도록 하면 보다 완성도 높은 BMI 가 구현 가능하게 된다.

아래에 제시된 표 1 은 각 피실험자 별 특징을 보여주고 있다. 피험자 S1, S2, S3 의 표준편차 SD 를 보면 3 명 모두에게서 1 초 이동평균 때보다 더블 이동평균에 있어서 그 값이 작아지고 있다. 이것은 ERD 정보에 기준하여 Trigger 발생 위치 정보를 추정 하였을 때 나타날 수 있는 오차가 그만큼 작아지고 있음을 의미하는 것이다. 아래의 표 1 에 따르면 오차범위가 최소 ((4.633213-4.535049) \* 62.5ms = 6.13525 ms)에서부터 최대 ((2.786874-1.760682)\*62.5ms=64.137ms 까지 오차 범위가 축소 되고 있음을 볼 수 있다.

이에 기준하여 Trigger 발생시점을 추정하는 방법에는 두 가지 방안이 있을 수 있다. 첫 번째 방안은 각각의 평균에 기준하여 Trigger 발생 시점을 추정하는 방법과, 두 번째 방안으로 각각의 중심 값을 기준하여 Trigger 발생 시점을 추정하는 방법이 그것이다.

두 가지 방안으로 Trigger 발생 시점을 추정하여 표 2 에 제시 하였다. 표 2 에 따르면, 전체적으로 오차율의 분포인 표준편차에 있어서 두 방안 모두 동일한 편차를 보이고 있어서, 전체적인 오차율 분포는 동일하게 나왔다.

그러나 피험자 S1 의 경우 평균에 의한 추정의 평균값 보다, 중심기준에 의한 추정의 평균이 (0.168\*62.5ms)만큼 더 정확하다는 결과를 보이고 있는데, 여기에서의 중심 값 기준에 의한 추정 48 은 정확하게 Trigger 명령 정보를 제시한 시점이다. 더불어, 피험자 S2, S3 에 있어서는 Trigger 발생시점 추정에의 평균값에 있어서, 평균에 의한 추정이 중심 값에 의한 추정보다 우수하다는 결과를 나타내고 있다.

하지만 여기에서 중요한 것은 Trigger 발생 위치를 추정한 값들의 평균 보다는 표준편차의 분포가 작아야 실제 on-line 상에서 적용하였을 때 오차 값들의 분포가 작아지는 의미를 갖기 때문에 더 중요하다고 하겠다. 따라서 가장 우수한 결과를 나타낸 것은 S3 로 파악되며, 실제 Trigger 명령 제시 시점과 일치하는 S1 의 결과가 가장 저조하다고 하겠다.

전체적인 오차율의 평균에 있어, S1 의 경우 총 6 회 의 Trial 의 과정을 통해 Trigger 발생 시점을 중심 값 기준으로 측정 한 값들의 오차율의 평균은 0 이고, S2 의 경우 평균 값 기준으로 Trigger 발생 시점을 추정 한 결과의 오차율의 평균은 6point (6\*62.5ms=375ms)의 오차율을 보이고 있으며, S3 의 경우 평균 기준으로 Trigger 발생 시점을 추정 한 결과의 오차율의 평균은 5.3333point (5.3333\*62.5=333.33125ms) 의 오차율을 보이고 있다. 두 방법 모두 0.4 초 이하 대의 오차율을 보이고 있다.

Table 1. ERD range of averaging during one second and averaging double.

	S1		S2		S3		평균	
	1회 어물평균	2회 이물평균	1회 어물평균	2회 이물평균	1회 어물평균	2회 이물평균	1회 어물평균	2회 이물평균
주측손1회	66	63	66	63	68	64	61	68
부측손1회	68	66	60	62	68	68	66	66
말1회	61	64	66	66	67	61	67	68
주측손2회	78	68	67	66	68	61	62	68
부측손2회	71	66	67	66	68	69	61	68
평균	68	66	66	64	68	61	68	67
SD	9.121	8.246	4.858	4.535	2.787	1.76	2.401	1.472

Table 2. The localization of triggering movement

	S1		S2		S3	
	평균기준	중심기준	평균기준	중심기준	평균기준	중심기준
	44.1887	44	44.1887	44	46.1887	46
	60.1887	60	43.1887	43	44.1887	44
	55.1887	55	39.1887	39	42.1887	42
	49.1887	49	46.1887	46	42.1887	42
	39.1887	39	34.1887	34	40.1887	40
	41.1887	41	45.1887	45	42.1887	42
평균	48.1887	48	42	41.893	42.887	42.5
SD	8.246	8.246	4.535	4.535	1.761	1.761

#### 4. 결론 및 토론

본 연구는 Pfurtscheller(1995)가 BCI 구현을 위하여 제시한 방법인 ERD/ERS 를 파악하기 위한 기준점을 선정하는 방법으로, 특히 수식 1 에 따른 ERD 계산을 위한 필수적인 Reference 를 잡는 방법에 대해 분석하였다.

전체적으로 실제 Trigger 가 발생한 시점과, On-line 상에서 분석하였을 때의 0.4 초 이내에서 오차 내에서 동작예측의 일관성 있는 뇌파 분류를 할 수 있음을 알 수 있는 가능성을 제시한다. 현재의 연구는 전체적인 Data 의 Averaging 을 통해 이루어지고 있기 때문에, Single Trial 을 통해서 정보를 분석하기 위한 연구가 진행 중이다.

#### 후 기

본 연구는 의료공학융합개발 사업의 차세대 능

동형 동작기능회복기술개발에서 지원 받은 연구임에 감사를 표한다.

#### 참고문헌

- McFarland, D. J., Neat, G. W., Read, R. F. & Wolpaw, J. R., 1993, "An EEG-based method for graded cursor control," *Psychobiology*, 21 (1), 77-81.
- Pfurtscheller, G., Pegenzer, M. & Neuper, C., 1994b, "Visualization of sensorimotor areas involved in preparation for hand movement based on classification of  $\mu$  and central  $\beta$  rhythms in single EEG trials in man," *Neuroscience Letters*, 181, 43-46.
- Pfurtscheller, G., Flotzinger, D., Pegenzer, M., Wolpaw, J. R. & McFarland, D., 1996a, "EEG-based brain-computer interface (BCI) : search for optimal electrode positions and frequency components," *Medical Progress through Technology*, 21, 111-121.
- Pfurtscheller, G., Kalcher, J., Neuper, Ch., Flotzinger, D. & Pegenzer, M., 1996b, "On-line EEG classification during externally-paced hand movements using a neural network-based classifier," *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 99, 416-425.
- Wolpaw, J. R., McFarland, D. J., Neat, G. W. & Forneris, C. A., 1991, "An EEG-based brain-computer interface for cursor control," *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 78, 252-259.
- Wolpaw, J. R. & McFarland, D. J., 1994, "Multichannel EEG-based brain-computer communication," *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 90, 444-449.
- Stancak, A., Pfurtscheller, 1995, "Desynchronization and recovery of beta rhythms during brisk and slow self-paced finger movements in man," *Neuroscience letters*, 196, 21-24.