

# AR 모델을 이용한 긍/부정 과제 수행시 뇌파분석

남승훈, 류창수, 임태규, 송윤선

한국전자통신연구원 반도체·원천기술연구소 인체정보연구부 인체정보처리팀

## Analysis of EEG for Yes/No decision task using AR model

Seung-Hoon Nam, Chang-Su Ryu, Taegyu Yim, Yoonseon Song

Human Information Processing Team, Basic Research Laboratory, ETRI

### 요 약

컴퓨터의 발달과 더불어 인간과 컴퓨터 인터페이스에 있어서도 많은 발전을 하고 있다. 본 연구는 두뇌-컴퓨터 인터페이스(brain computer interface : BCI)를 위해서 인간에 있어서 가장 간단한 의사문제라고 여겨지는 긍정이나 부정을 선택할 때 나타나는 뇌파를 AR 모델을 이용하여 시간-주파수 분석을 한 후 topographical map을 그렸다. 이 것과 문제에 대답하는 시점 전후에서 파워스펙트럼이 유사하였고, 피험자가 문제를 읽고 판단하고, 동작하는 시점(reaction time : RT) 전으로 1초 ~ 0.5초 사이에 전두엽과 두정엽 부위에서 16Hz ~ 24Hz, 80 ~ 88Hz의 주파수 대역에서 유의미한 차이를 보였다.

*Keywords: BCI, EEG, Yes/No discrimination, time-frequency analysis, AR model*

### 1. 서론

두뇌-컴퓨터 인터페이스란 두뇌에서 결정한 의사나 명령을 언어나 근육을 통하지 않고 외부로 보내는 통신 시스템을 말한다. 이는 기본적으로 근위축성측삭경화증(amyotrophic lateral sclerosis)이나 척수에 상처를 입은 마비환자와 같이 신경근육질환(neuromuscular disorder)이 있는 사람에게 외부와의 의사소통이나 제어를

제공하는 것과 같은 제약을 목표로 하고 있다. 하지만 전자공학, 컴퓨터공학, 기계공학, 의공학, 신경과학 등과 같은 학문의 발달로 두뇌-컴퓨터 인터페이스는 일반 사람들에게도 편리한 사용자 인터페이스로 발전하고 있다.[1]~[3]

현재 두뇌-컴퓨터 인터페이스에서 다루고 있는 전기생리학적 신호를 살펴보면 다음과 같다. 뇌질전위(slow cortical potential), 유발전위(P300), 뇌파( $\mu$ , central  $\beta$ ), 신경전위(cortical neuronal activity) 등이 있다.[4]~[7]

본 연구는 사람의 의사소통에 가장 단순한 형태인 긍정과 부정에 대한 응답을 할 때 뇌파를 측정하여 반응을 할 때의 시점인 움직임부인 뇌파의 양적으로 인식할 때와 부정으로 인식할 때 뇌파의 차이를 알아내려 하되, 이를 이용하여 인공신경회로망의 학습을 위한 특징을 추출하고자 한다.

## 2. 실험 설계

실험은 두 번 시행되었는데, 첫 번째 실험은 2001년 3월에 시행(1차 실험)하였고, 두 번째 실험(2차 실험)은 2002년 6월에 시행하였다. 18세의 2차 실험은 1차 실험에서 수행하였던 문제 중에서 두뇌 컴퓨터 인터페이스로 구성된 장치문항만을 선택하였다. 장치문항을 크게 2개의 세션으로 나누었는데, 본 연구에서는 세션 1에 대한 결과만 분석하였다. 세션 1은 일반장치 문항 40문항이었고, 세션 2는 세션 1에서 제시된 문제 중에서 일부 바뀌어진 20문항을 제시하였다. 이는 동일한 문제에 대한 응답으로서 서로 다른 순에 대한 반응을 보기 위함이다. 뇌임자의 재수적인 집중을 유도하기 위해서 10분 휴게시 후 10초의 휴식기를 두었다. 2차 실험은 1차 실험과 달리 긍정을 선택할 때 왼손을 사용하였고, 부정을 선택할 때 오른손을 사용하였다. 뇌파의 측정은 실제 긴장하고, 뇌졸중을 앓지 않은 31명의 실제 긴장한 남자(22명), 여자(9명)들을 대상으로 국제 표준 규격인 10-20 시스템에 맞추어 Fp1, Fp2, F3, F4, Fz, C3, C4, Cz, P3, P4, O1, O2의 12부위에서 측정하였고, 기준전극은 양쪽 뒷발을 사용하였고, 참조전극은 이마 중간부분에 사용하였다. 측정된 샘플링 수와 수는 채널당 512Hz로 하였다.

## 3. 데이터 분석

측정된 뇌파 중에서 근전도(EMG), 눈깜빡임(eye blink) 등의 잡음 혼입이 큰 데이터를 먼저 제거하였다. 분석은 뇌임자가 반응할 시점(Reaction time : RT)을 기준으로 전후 1.5초(전체 3초) 동안을 사용하였고, 짧은 시계열 데이터의 파워 스펙트럼 추정에 용이한 Burg법을 이용한 AR 모델을 이용하였다.

p-자의 AR 계수를  $a_{ij}(i=0, 1, \dots, p)$ 로 하여

$$A_p(x^{-1}) = \sum_{i=0}^p a_{ij}x^{-i}$$

으로 한다. 이렇니  $A_p(x^{-1})$ 에 데이터  $x_k(k=0, 1, \dots, N-1)$ 를 진방향으로 통과할 때의 출력은  $e_{k,p}$  주방향으로 통과할 때의 출력은  $r_{k,p}$ 라고 정의하면

$$e_{k,p} = \sum_{i=0}^p a_{ij}x_{k-i}$$

$$r_{k,p} = \sum_{i=0}^p a_{ij}x_{k-p+i}$$

이다. Burg의 평가 함수는

$$J_p = \frac{1}{2(N-p-1)} \sum_{k=p+1}^N (e_{k,p}^2 + r_{k-p}^2)$$

인데, 이를 Levinson-Durbin의 심화식이 있어서 최소화하면

$$a_{j,p} = \frac{2 \sum_{k=p}^{N-1} e_{k,p-1} r_{k-1,p-1}}{\sum_{k=p}^{N-1} (e_{k,p-1}^2 + r_{k-1,p-1}^2)}$$

가 된다. 이는 정련연수는 추정하지 않고 직접 반사계수를 추정한다는 것과 짧은 시계열 데이터의 파워 스펙트럼 추정에 이용되는 것이 특징이다.

1 ~ 100Hz의 대역폭과 필터를 통해 측정된 데이터는 60Hz의 대역저지 필터를 적용하였다. 윈도우는 0.375초의 해밍윈(Hanning window)을 사용하였고, 오버랩은 91.67%를 주어 시간의 변화에 따른 파워 스펙트럼을 계산하였다. 뇌임자간의 개인차를 극복하기 위해서 정규화를 하였는데, 자기 후의 3.5초 ~ 5초 동안을 기준 구간으로 설정하여 기준구간에 대한 상대전력을 사용하였다. 얻어진 상대전력을 이용하여 통계적으로 유의미한 구간을 찾아보았다.

#### 4. 결과

1차 실험과 2차 실험을 통해서 서로 공통적인 부분과 서로 상반되는 부분을 통해서 동작 부분에 대한 뇌파의 변화와 긍정이나 부정을 판단할 때 나타나는 뇌파를 살펴보았다. 그림 1은 두 번에 걸친 실험에서 왼손과 오른손을 동작할 때를 나타내었다. 적색이 왼손으로 응답하였을 때이고, 청색이 오른손으로 응답하였을 때이다. 주로 RT 전 약 0.5초부터 RT 후 약 1초 정도까지 비슷한 경향을 보임을 알 수 있다.

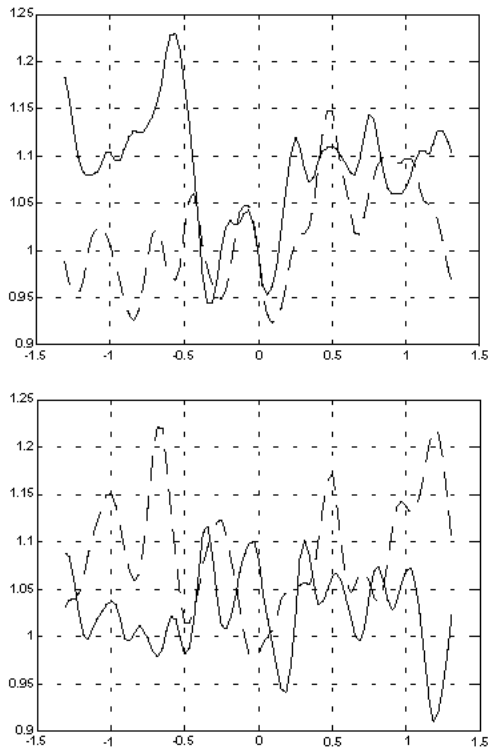


그림 1. 80 ~ 88Hz, C3영역에서 왼손(적색)과 오른손(청색)으로 반응할 때의 뇌파의 상대전력변화(주선 : 1차 실험, 실선 : 2차 실험)

그림 2는 두 번에 걸친 실험에서 긍정과 부정의 상대전력을 나타내었는데, RT 전 0.5초 이전에는 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 이는 긍/부정 판단에 따른 뇌파의 차이일지, 아니면 긍/부정 판단 후 동작을 위한 오른손이나 왼손이나를 판단하는 뇌파의 차이일지 명확하지는 않지만 통계적으로 유의미한 차이를 나타내었다.

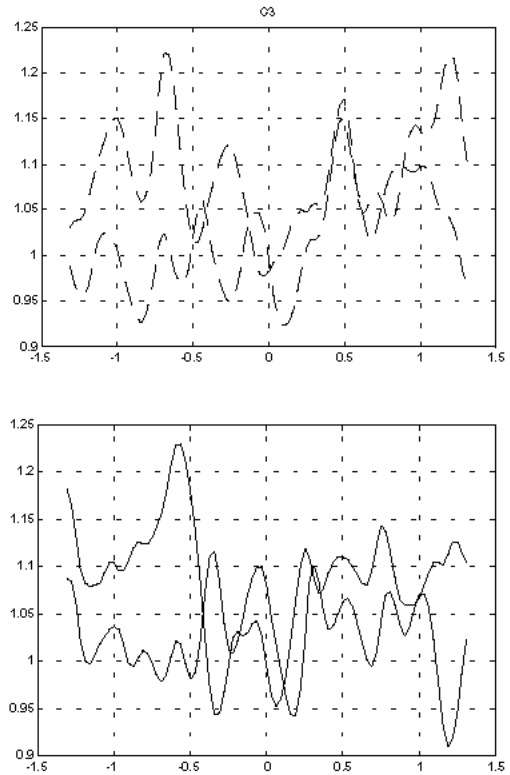


그림 2. 80 ~ 88Hz, C3영역에서 긍/부정에 대한 뇌파의 상대전력변화(위 : 1차 실험에서의 긍정(적색)과 부정(청색), 2차 실험의 긍정(적색)과 부정(청색))

그림 3은 Fp1, Fp2, F3, F4, Fz, C3, C4, Cz 등의 8채널을 이용하여 RT 전의 데이터를 이용하여 topographical map을 작성하여 시간-공간적인 변화를 보았다. RT전 0.75초 ~ 0.56초의 시간대의 16Hz ~ 24Hz 주파수대역에서 부정인 경우에는 전두엽과 두정엽에서 증가를 하지만 부정인 경우에는 감소를 하는 경향을 보인다. 그리고, RT 직전에 부정을 대답할 때 C3가 C4에 비해 더 많은 감소를 함을 알 수 있다. 하지만 1차 실험에서는 좌·우 편측성이 나타나지 않았다. RT전 0.94초 ~ 0.56초의 시간대의 80Hz ~ 88Hz에서는 반대로 긍정인 경우에 증가를 하고 부정인 경우에 감소를 하는 경향을 보인다.

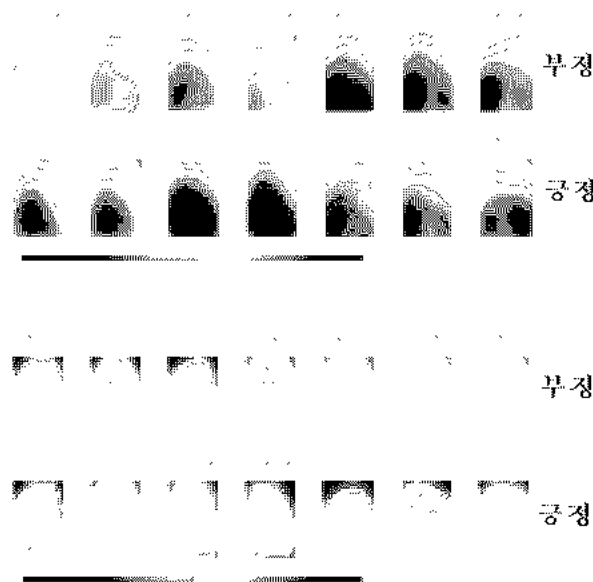


그림 3. 2차 실험의 긍/부정 상대전력에 대한 topographical map(위 : 16Hz ~ 24Hz, 아래 : 80Hz ~ 88Hz)

## 5. 결론 및 고찰

본 연구에서는 긍정과 부정을 판단할 때 나타나는 뇌파의 변화와 오른손 동작, 왼손의 동작시 뇌파가 어떻게 변화하는가를 두 번에 걸쳐 실험을 하였다. 첫 번째 실험에서는 긍정일 때 오른손으로 반응하고, 부정일 때는 왼손으로 반응하게 실험을 디자인하였고, 두 번째 실험에서는 반대로 실험을 하였다. 기존의 연구 결과를 보면 동작을 할 때  $\mu$ 와 운동영역을 담당하는 두정엽에서 나오는 베타파(central  $\beta$ )에 시 좌·우 반대로 감소하는 경향을 보인다고 보고되고 있다. 하지만 본 실험에서는 C3, C4, Cz 모두 감소하는 경향을 보였다. 또, RT를 전후로 약 -0.1초 ~ +1초의 구간에서는 상당히 비슷한 상대전력을 가졌는데 이는 왼손, 오른손 동작에 대해서는 뇌내의 정보처리과정이 유사하다고 판단된다.

동작에 의한 양분부분을 제외하고 그 이전에 긍/부정 판단이나 긍/부정 판단에 따른 왼손/오른손 판단이 있으리라는 추정할 수 있는데 이는 약 RT 전 1초 ~ 0.5초 정도라고 판단되어

시며, 주파수대역은 16Hz ~ 24Hz, 80Hz ~ 88Hz에서 차이를 보였다. 16Hz ~ 24Hz의 주파수대역에서는 부정일 때 봉우리가 보였고, 긍정일 때는 주파수의 변화가 없거나 같이 보였다. 80Hz ~ 88Hz에서는 부정에 비해서 긍정이라고 반응하였을 때 더 큰 상대전력을 가졌다.

본 연구의 결과는 두 번의 실험을 통해서 제일 크게 공통적으로 나타난 결과이다. 뇌파는 사람마다 다른 개인차를 가지고 있고, 문제의 난이도에 따른 응답에 대한 시간차가 생기기 때문에 상대전력과 RT를 기준으로 데이터를 분석하였다. 하지만 좀 더 많은 실험을 통해서 이러한 결과들을 검증하고, 정량화하고, 다른 시간이나 다른 주파수 영역에서 특징을 보충한다면 뇌파를 이용해서 긍정과 부정에 대한 인식적 차이에 대한 특징을 구별하고 분류할 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 정보통신부의 정보통신 선도기반 기술개발사업 지원에 의해 이루어졌습니다.

## 6. 참고 문헌

- [1] Jonathan R. et al. "Brain-Computer interfaces for communication and control", *Clinical Neurophysiology*, 113, 767-791, 2002
- [2] 류창수 그 외, 『긍/부정 문답관련 뇌파에 대한 시간-주파수분석Ⅱ』, 한국감성과학회 춘계학술대회, 114-117, 2002
- [3] 류창수 그 외, 『뇌-컴퓨터 인터페이스 기술 동향』, 한국전자통신연구원 주간기술동향, 2001, 1006호, 1-11.
- [4] Birbaumer N. et al. "A spelling device for the paralysed". *Nature*, 398, 297-298, 1999
- [5] Donchin E. et al. "The mental prosthesis : Assessing the speed of a P300-based brain-computer interface", *IEEE trans rehabil eng*, 8(2), 2000
- [6] Pfurtscheller G. et al. " EEG-based discrimination between imagination of right and left hand movement",

Electroencephalography clinical neurophy. 103, 1997

[7] Kennedy PR et al. "Direct control of a computer from the human central nervous system", IEEE trans rehabil eng, 8(2), 2000

[8] 남승훈 그 외, 『긍/부정 문답관련 뇌파에 대한 시간-주파수분석Ⅲ』, 한국감성과학회 춘계학술대회, 286-290, 2002

[9] 신승철 그 외, 『인식적 긍정/부정 선택과제 수행시 뇌파를 이용한 반응 시간의 감지』, 감성과학회 춘계학술대회, 278-285, 2002