

운동상상 EEG 신호의 최적 특성 선택을 위한 유전 알고리즘 적용

오승현, 박근호, 이유리, 김형남
부산대학교

hnkim@pusan.ac.kr

Application of Genetic Algorithm for Optimal EEG Feature Selection in Motor Imagery

Seung-Hyeon Oh, Geun-Ho Park, Yu-Ri Lee, Hyoung-Nam Kim
Pusan National University

요 약

EEG (electro-encephalography) 기반 뇌 컴퓨터 인터페이스(Brain Computer Interface: BCI)에서, EEG 신호의 특성을 추출하여 처리할 때, 개인마다 최적의 분류 결과를 도출하는 특성이 다르게 나타난다. 본 논문에서는 Hjorth parameter 를 이용하여 3 가지의 특성인자를 추출하고, 각 실험자의 최적의 특성인자에 해당하는 시간, 주파수를 선택하는 데 있어서, 전역적 최적특성을 선택하는데 효율적인 방법으로 알려진 유전 알고리즘(Genetic Algorithm)을 적용하여 그 결과를 분석한다.

I. 서 론

뇌 컴퓨터 인터페이스(BCI)란 인간의 두뇌와 컴퓨터를 직접적으로 연결하여, 뇌의 활동으로 일어나는 전자기적 신호 또는 화학적인 변화를 측정하고 분석하여 이를 이용하여 로봇이나 컴퓨터를 제어하는 기술이다. BCI 시스템 중에서도, 간편한 사용성과 안전성을 갖는 EEG 기반의 BCI 가 널리 쓰이고 있다[1]. 그러나, EEG 기반 BCI 는 다른 BCI 시스템에 비해 잡음에 약한 환경에 노출되어 있다. 이러한 낮은 신호 대 잡음 비 문제로 인하여 뇌전도 신호의 특성을 추출하고, 최적의 특성을 선택하는 데 어려움이 있다. 또한, 개개인마다 EEG 신호의 시간, 주파수 그리고 뇌 전극의 공간적 특성이 다르기 때문에 대상마다 알맞은 EEG 신호 특성을 선택해야 한다[2]. 이를 위해서는, 시간과 주파수, 전극, 또는 특성 추출 기법에 따른 정보를 분석하고, 최적의 특성을 선택하여 분류 할 필요가 있다. 본 논문에서는 특성 추출 인자로 Hjorth parameter 를 사용하고, 특성 선택 최적화 방법으로 유전 알고리즘[3]을 적용한 BCI 시스템을 구현하고 이에 대한 분석 결과를 제시한다.

II. EEG 신호의 특성 추출

본 논문에서는 특성 추출법으로 Hjorth parameter[4]를 이용하였다. Hjorth parameter 는 시간영역에서 신호의 몇몇 통계적 특성을 나타낸 것으로 나타낸 것으로, 표 1 과 같이 세 가지 특성인자가 있다. Hjorth parameter 는 각각 신호의 전력의 세기(Activity), 주파수 분포의 분산된 정도(Mobility), 여러 주파수 성분의 혼입된 정도(Complexity)를 나타낸다. 이와 같은 특성인자를 이용하여 각각의 시간, 주파수, 특성인자의 정보를 가지는 특성개체를 구성한다.

표 1 Hjorth parameter

Parameter	Notation
Activity	$\text{var}(y(t))$
Mobility	$\frac{\text{var}(y'(t))}{\text{var}(y(t))}$
Complexity	$\frac{\text{mobility}(y'(t))}{\text{mobility}(y(t))}$

III. 유전 알고리즘을 이용한 특성 선택

일반적으로 미분을 기반으로 한 최적화 기법은 빠른 탐색이 가능하지만 국부 최적해를 찾는 데 그치는 단점을 지니고 있다. 복잡한 최적화 문제에서는 이러한 문제가 자주 나타난다. 유전 알고리즘은 이러한 문제를 해결하기 위한 전역적 최적화 기법 중의 하나로, 생물의 유전과 진화의 과정을 공학적으로 모형화 한 것이다. 그림 1 과 같이 염색체 구조를 가지는 특성개체를 구성한 뒤 열성유전자의 도태와 우성유전자의 생존, 발전을 여러 세대를 거치면서 궁극적으로 최적의 결과를 나타내는 개체를 선택한다. 기본적인 유전 알고리즘 과정은 다음과 같다.

그림 2 와 같이 각각 서로 다른 주파수, 시간, 인자, 전극에 대하여 인덱스를 가지는 1 세대 개체군을 생성한다. 그리고 정의된 적합도 함수를 이용하여 적합도 평가를 한다. 그림 1 과 같이 적합도 평가에서 상위에 있는 개체를 선택하여 다음 세대 연산에 적용한다. 선택, 재생산된 개체를 교배와 돌연변이 연산을 거쳐 이전 세대에서 높은 적합도 함수를 가진 개체를 바탕으로 새로운 개체들을 생성하여 다시 적합도 평가를 진행한다. 교배는 이전 세대에서 선택된 개체들의 유전자 정보들을 서로 교환하여 새로운 특성개체를 만들어 내는 과정이고,

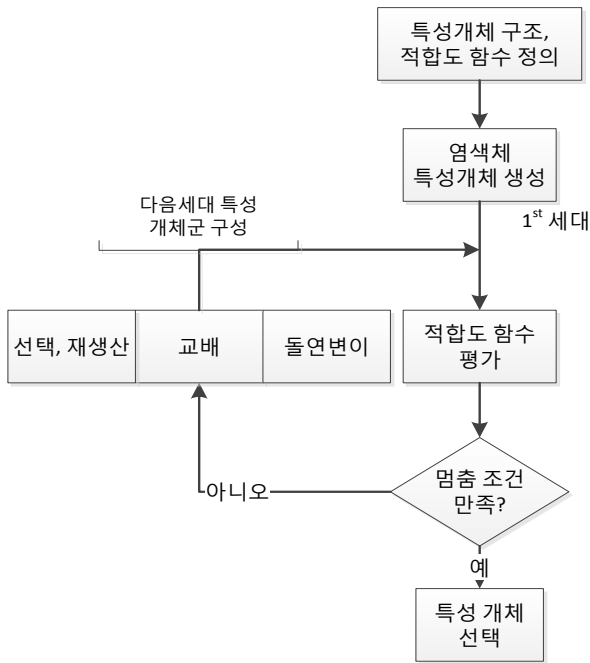


그림 1 유전 알고리즘 연산 순서도

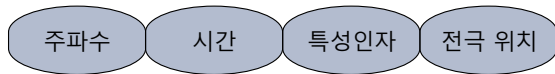


그림 2 신호 특성개체의 유전자구성

돌연변이는 선택된 하나의 특성개체의 유전자 중 하나를 무작위로 다른 유전자 정보로 변이시키는 것이다.

이렇게 교배, 돌연변이 과정을 거치면서 전역적 최적의 적합도 함수를 가지는 개체를 선택한다. 일정 세대만큼 반복을 하거나 멈춤 조건을 만족하면 유전 알고리즘 연산을 멈추고, 적합도 함수가 가장 높은 인덱스 정보를 갖는 특성개체를 선택한다. 본 실험에서는 교차검증 알고리즘에서의 분류정확도를 적합도 함수로 사용하였다.

IV. 실험 결과

1. 데이터 획득

본 논문에서는 BCI Competition(IV) 2008 Graz set 을 이용하여 분석하였다. 0.5~100Hz 대역통과 필터와 60Hz 노치필터를 사용하였고, 250Hz 의 샘플링 주파수를 사용하였다. 전극은 10-20 국제 전극 배치법을 기준으로 C3, C4, Cz 를 이용하였다. 실험 1 회당 3 초간 휴식 시간과 5 초의 명령 수행 시간으로 총 8 초의 시간으로 구성되어 있다. 휴식 시간 3 초 중 2 초 때, 주의 신호를 주고 휴식 시간이 끝나면 명령 수행 신호가 모니터에 무작위로 나타나게 된다. 그리고 피실험자는 4~5 초 동안 명령 신호에 따라 오른쪽 또는 왼쪽 움직임에 대한 상상을 수행하여 신호를 획득한다.

2. 실험결과

유전 알고리즘을 통하여 실험을 진행한 결과를 표 2 에 나타내었다. 9 명의 실험 대상 모두 기존의 최대 분류 정확도 결과[5]에 부합하였다. 본 실험에서는 총 20(시간)x20(주파수 대역)x3(특성인자) = 1200 가지의 특성 조합을 모두 탐색하지 않고, 최대 15(반복 세대)x20(한 세대 당 개체 수) = 300 가지의 특성 조합만 탐색하여 특성 선택과정에서의 효율성이 향상되면서 최고 분류 정확도에도 도달하였다. 그림 3 에서 실험자 1 의 경우와 같이 15 세대 이내에 최고 성능에 도달하여 수렴하는 것을 확인할 수 있다.

표 2 각 실험자별 분류 정확도 결과

피실험자	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
분류 정확도(%)	83.1	61.6	60.6	98.1	81.8	84.3	72.5	86.2	86

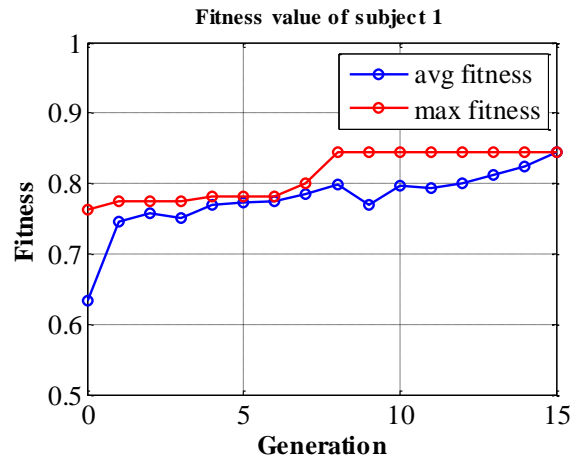


그림 3 실험자 1 의 세대별 적합도 함수 연산 결과

V. 결론

본 논문에서는 개인마다 다르게 나타나는 EEG 신호의 특성을 선택할 때 Hjorth parameter 를 이용하였고 전역적 최적 특성을 빠르게 선택할 수 있는 유전 알고리즘을 적용하여 실제 실험데이터를 가지고 그 결과를 분석하였다. 유전 알고리즘을 적용함으로써 모든 특성 조합을 탐색하지 않고, 적은 특성 조합만을 탐색하여 특성 선택과정에서의 효율성이 향상되면서 최고 분류 정확도를 얻었다. 하지만 유전 알고리즘의 무작위성으로 인한 최적성능에 대한 수렴 속도 문제는 향상된 알고리즘을 추가하여 보완해야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] Ansari-Asl, Karim, et al. "Time-frequency characterization of interdependencies in nonstationary signals: application to epileptic EEG." *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, vol.52, no.7, pp.1218-1226, 2005.
- [2] Schlögl, Alois, C. Neuper, and Gert Pfurtscheller. "Subject specific EEG patterns during motor imaginary." *Proc. 19th Annual Int. Conf. of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, vol.4, Chicago, IL, 1997.
- [3] DAL SENO, Bernardo; MATTEUCCI, Matteo; MAINARDI, Luca. "A genetic algorithm for automatic feature extraction in P300 detection." *Neural Networks, 2008. IJCNN 2008(IEEE World Congress on Computational Intelligence). IEEE International Joint Conference on IEEE*, pp. 3145-3152, 2008.
- [4] Hjorth, Bo. "EEG analysis based on time domain properties." *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, vol.29, no.3, pp.306-310, 1970.
- [5] Oh, Seung-Hyeon, Yu-Ri Lee, and Hyung-Nam Kim. "A Novel EEG Feature Extraction Method Using Hjorth Parameter." *International Journal of Electronics and Electrical Engineering*, vol.2, no.2, pp.106-110, Jun. 2014.