

유전자 알고리즘을 이용한 신경생리신호 분석

Analyzing electrophysiological signals using genetic algorithm

차옥균, 정상철, 연세대학교 인지과학 협동과정/연세대학교 심리학과, scchong@yonsei.ac.kr

초록: 유전자 알고리즘(genetic algorithm) 기법을 이용하여 신경생리신호를 분석하는 방법론을 개발, 검증했다. 실험 1에서는 안전도(electro-oculogram) 신호에서 도약안구운동의 시작 시점을 탐지하는 필터를 최적화했고, 실험 2에서는 경막하 삽입 전극에서 측정된 신경생리신호를 입력 받아 피험자에게 제시된 자극을 분류할 수 있는 분류기(classifier)를 최적화했다.

실험 1. 도약안구운동 시작 시점 탐지를 위한 안전도 필터 최적화

신경생리신호 측정 피험자는 화면에 제시된 십자 모양의 응시점을 따라서 오른쪽 방향으로 30회 도약안구운동을 했다. 피험자가 도약안구운동을 하는 동안 이마와 양 눈 바깥쪽에 부착한 전극에서 안전도 신호를 측정했다.

유전자 알고리즘 유전자 코딩 9개의 실수값을 갖는 일차원 필터를 유전자로 사용했다. 각 유전자는 평균 0, 표준편차 1을 유지하도록 정상화했다.

적합도 함수 측정된 안전도 신호마다 사람이 판단한 도약안구운동 시작 시점을 평균으로 하는 가우시안 함수를 계산했다. 안전도 신호를 필터한 함수값과 가우시안 함수값의 내적을 적합도로 사용했다. 필터한 함수값이 가우시안 함수값과 비슷할수록 적합도가 높았다.

선택 룰렛 휠, 우수한 유전자 보존.

교차 누적 가우시안 함수를 이용한 산술적 교차 (Michalewicz, 1992).

돌연변이 가우시안 돌연변이 (Hinterding, 1995).

결과 유전자 알고리즘으로 최적화한 필터로 안전도 신호를 필터한 함수값에 역치를 적용하여 도약안구운동의 시작 시점을 계산했다. 필터가 계산한 값이 사람의 판단과 큰 차이를 보이지 않았다.

논의 도약안구운동 시작 시점을 판단하기 위하여 기존에 사용하던 방법은 안전도 값이나 안전도의 미분값이 역치를 넘는 시점을 탐지하는 것이었다. 필터를 이용하는 방법은 복잡한 신호 속에서 도약안구운동을 측정할 수 있다는 장점이 있다. 유전자 알고리즘을 이용하여 안전도 분석에 사용하는 필터를 만들 수 있었다.

실험 2. 경막하 삽입 전극에서 측정된 신경생리신호로 피험자에게 제시된 시각 자극을 탐지하는 분류기 최적화

신경생리신호 측정 간질 수술을 위해 경막하에 전극을 삽입한 환자 4 명이 실험에 참가했다. 피험자는 화면 중앙에 얼굴, 뒤섞인 얼굴, 풍경, 뒤섞인 풍경, 나비 이미지가 무작위 순서로 제시되는 동안 나비 이미지에만 키를 눌러서 반응했다. 분석에는 나비 이미지를 제외한 네 종

류의 이미지가 사용되었다. 이미지는 종류 별로 80 번씩 제시되었으며, 임의로 선택한 40 번의 시행이 분류기 훈련에 사용되었다.

유전자 알고리즘 신경생리신호 측정 위치에 따른 가중치 유전자와 신경생리신호 분류기 유전자를 협력적 공진화(Potter 와 De Jong, 2000)로 동시에 최적화했다.

유전자 코딩 가중치 유전자는 신경생리신호 측정 위치에 따른 가중치를 실수값의 일차원 배열로 코딩했다. 신경생리신호 분류기는 1-50Hz 정현파의 합으로 표현했으며, 정현파의 진폭(amplitude)과 위상(phase)을 실수값으로 코딩한 유전자를 사용했다. 가중치 유전자와 분류기 유전자중 정현파의 진폭은 제곱 합의 제곱근이 1 이 되도록 정상화했다. 분류기 유전자 중 정현파의 위상은 항상 360 미만이 되도록 360 으로 나눈 나머지를 취했다.

적합도 함수 분류기 값과 신경생리신호의 내적을 분류 점수로 하여, 서로 다른 그룹 간 점수 분포의 변별성(d')을 적합도로 사용했다.

선택, 교차, 돌연변이 실험 1 과 동일.

결과 유전자 알고리즘을 이용하여 여러 종류의 분류기를 생성한 결과, 얼굴 이미지를 봤을 때의 신호를 나머지 신호에서 분류하는 정확도가 93.13%로 가장 높았다. 이 외에 풍경 이미지를 봤을 때의 신호를 나머지 신호에서 분류할 수 있었으며(74.48%), 얼굴, 풍경 이미지를 봤을 때의 신호를 뒤섞인 이미지를 봤을 때의 신호에서 분류하는 것도 가능했다(81.41%). 뒤섞인 얼굴 이미지를 봤을 때의 신호를 뒤섞인 풍경 이미지를 봤을 때의 신호에서 분류하지는 못했다(53.75%).

논의 기존의 N200 을 이용한 분류기는 얼굴 자극 외에 다른 것을 분류할 수 없다. SVM 을 이용한 분류기는 여러 신경생리신호를 잘 분류할 수 있지만 전극 위치에 따른 가중치나 신경생리신호의 형태를 보여줄 수 없다. 유전자 알고리즘을 사용해서 최적화한 분류기는 여러 신경생리신호를 분류할 수 있을 뿐 아니라, 전극의 위치에 따른 가중치와 신경생리신호의 형태를 보여줄 수 있다.

Hinterding, R. (1995). *IEEE International Conference on Evolutionary Computation*, 29, 384-389. Perth, WA, Australia.

Potter, M. A., & De Jong, K. A. (2000). *Evolutionary Computation*, 8(1), 1-29.

Michalewicz, Z. (1992). *Genetic algorithm + Data structures = Evolution programs*. New York, NY, USA: Springer-Verlag.