

뇌전도 신호의 특징신호 추출 알고리즘 비교 분석

이승찬, 신영학, 우수길, Nitin Rawat, 이흥노*
광주과학기술원 정보통신공학과

{seungchan, shinyh, woo} @gist.ac.kr, nitincad4@gmail.com, heungno@gist.ac.kr

Analysis of the Feature Extraction Algorithm for EEG Signals

SeungChan Lee, YoungHak Shin, SuGil Woo, Nitin Rawat, Heung-No Lee*
School of Information and Communications
Gwangju Institute of Science and Technology

Abstract

뇌-컴퓨터 접속기술에서 많이 사용되는 뇌전도 신호는 잡음성분이 많고 특징신호 성분은 제한된 시간과 주파수 대역에서만 나타나기 때문에 신호의 분류가 쉽지 않다. 본 논문에서는 뇌전도 신호의 분류 정확도 향상을 위해 r^2 값과 ERSP 알고리즘을 이용한 특징신호 추출 알고리즘 비교 분석해보았다.

I. 서론

사람의 두피에서 측정할 수 있는 뇌전도 신호(EEG: Electroencephalography)는 사람의 상태 및 의도, 행동을 반영하고 있다. 역으로 뇌전도 신호를 분석하면 사람의 생각, 의도를 파악할 수 있게 된다. 이를 이용하면 사람으로부터 측정되는 뇌 신호로 물리적인 움직임이 없이도 생각만으로 컴퓨터에 명령을 전달할 수 있다. 이를 뇌-컴퓨터 접속기술(Brain-Computer Interface)라고 부른다.

최근 뇌전도 신호를 이용한 뇌-컴퓨터 접속기술은 최근 많은 연구성과들이 발표되고 있다. 대표적인 연구결과로 사람의 운동감각과 관련된 뇌전도 신호(SMR: Sensorimotor rhythms)를 이용하여 컴퓨터의 커서를 제어하는 BCI 시스템을 들 수 있다.[1] BCI 시

스템이 피실험자의 의도에 따라 잘 동작하기 위해서는 훈련 지시(예를 들어 왼손의 움직임과 오른손의 움직임)에 따른 뇌전도 신호의 패턴을 BCI시스템이 잘 분류할 수 있어야 한다.

그렇지만 뇌전도 신호는 잡음성분을 많이 포함되어 있고 지시조건에 따라 차이가 나타나는 특징신호 성분은 일부 시공간적 범위와 주파수적 대역으로 제한되어 있어 지시조건을 정확히 판별하는 것은 쉽지 않다. 그렇기 때문에 뇌전도 신호를 분석하여 이러한 특징신호 성분을 추출하는 오프라인 분석과정은 높은 정확도의 뇌전도 신호 분류를 위해서 매우 중요하다. 본 논문에서는 뇌전도 신호의 시간과 주파수대역 특징신호 성분을 r^2 값[2]과 ERSP(Event Related Spectral Perturbation)[3]를 이용하여 추출해보고 지시조건 분류의 정확도를 비교, 평가해보았다.

II. 본론

1. 연구 동기

BCI 시스템에서 운동감각리듬(SMR)을 커서제어와 같은 응용프로그램의 제어신호로 이용하는 경우, 일반적으로 뇌전도 신호의 특징신호 성분은 훈련 지시가 피실험자에게 나타난 후 약 1-2초 후에 뮤 리듬(약 8-13Hz) 주파수대역의 뇌전도 신호 감쇄(attenuation)

로 나타난다. 일반적인 BCI 시스템에서는 이러한 특징 신호 성분을 오프라인 분석을 통하여 임의로 지정한다. 그렇지만 피실험자마다 뇌전도 신호 패턴이 다르고 피실험자의 상태에 따라 이 파라미터는 변동이 있을 수 있기 때문에 이런 방법은 뇌전도 신호의 분류 정확도가 저하시킬 수 있다.

본 논문에서는 시간과 주파수 대역의 특징신호 성분을 r^2 값과 ERSP알고리즘을 사용하여 추출해보고 이런 차원축소과정이 뇌전도 신호 분류 정확도 향상에 도움이 되는지 알아보고자 한다.

2. 데이터

본 논문에서 특징신호 추출 알고리즘을 비교하기 위하여 BCI Competition Data set 4-3 데이터를 이용하였다. 이 데이터셋은 오른손의 움직임과 오른쪽 다리의 움직임에 의한 뇌전도 신호를 수집에 놓은 5명의 데이터이다. 각 피실험자의 데이터는 두 지시조건의 뇌전도 신호를 각 140회씩 포함하고 있다. 신호 데이터는 100Hz의 샘플링 주파수와 118채널의 시공간적 해상도로 기록되었다. 데이터에 관한 자세한 사항은 BBCI 연구그룹에 BCI Competition 홈페이지를 참조하기 바란다.[5]

3. 알고리즘

특징 추출을 위한 알고리즘으로 값과 ERSP를 사용하였으며 특징추출 알고리즘의 분류 정확도를 비교하기 위하여 CSP(Common Spatial Filter)[4]와 LDA(Linear Discreminant Analysis) 알고리즘을 사용하였다.

3.1 값은 두 개의 신호의 분포차이를 보여주는 통계적 수치로 0에서1의 범위를 가진다. 두 데이터의 벡터에서 평균과 분산의 차이가 적어 분포가 서로 비슷할 경우 0에 가까운 값을 가리키게 되고 그 반대의 경우에는 1에 가까운 값을 가리키게 된다. 1에 가까울수록 데이터 분포의 차이가 커져 데이터의 분류를 쉽게 할 수 있기 때문에 이 신호 성분을 특징신호라고 간주할 수 있다. 두 지시조건의 뇌전도 신호에서 제한된 시간구간과 주파수대역의 데이터를 추출하고 이 값을 계산해보면 특징신호가 나타나는 시간과 주파수 대역을 추출할 수 있다.

3.2 ERSP는 1회 시행의 뇌전도 신호에서 지시조건이 피실험자에게 주어진 최초시점을 기준으로 신호의 스펙트럼이 시간에 따라 어떻게 변화하는지 보여주는 시간-주파수 분석방법이다. 이 방법을 두 지시조건의 뇌전도 신호에 각각 적용하여 시간-주파수에 대한 스펙트럼 그래프를 각각 그리고 그 차이를 구한다. 그러면 두 지시조건이 주어졌을 때 뇌전도 신호 스펙트럼

차이가 어떤 시간구간과 주파수 대역에서 나타나는지 알 수 있으므로 특징신호가 나타나는 시간과 주파수 대역을 추출 할 수 있다.

3.3 CSP알고리즘은 특징추출 알고리즘의 하나로 다중채널, 두 개의 부류를 갖는 데이터에서 서로의 데이터 분포차이를 벌려 신호 분류를 더욱 쉽게 하는 공간 필터 알고리즘이다. 그리고 LDA알고리즘은 두 개의 데이터 군집을 가장 잘 분리하는 선형공간(직선)을 찾아 데이터의 부류를 판별하는 분류 알고리즘이다. 한 피실험자의 뇌전도 신호를 훈련 데이터와 테스트 데이터로 나누고 훈련데이터에서 두 알고리즘의 파라미터를 추출하여 테스트신호의 부류를 판별함으로써 분류 정확도를 계산할 수 있다.

4. 분석방법

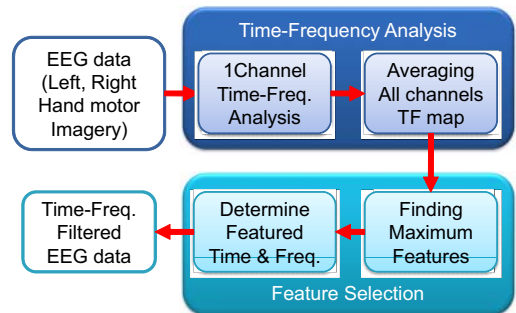


그림 1. 특징신호 추출 알고리즘의 동작과정

r^2 값과 ERSP를 이용하여 특징신호의 뇌전도 신호를 추출하는 과정은 위의 그림과 같다. 먼저 r^2 값과 ERSP를 이용하여 시간-주파수 분석을 수행하고 그 결과를 이용해서 뇌전도 신호에서 나타나는 특징신호를 1초의 시간구간과 5Hz의 주파수 대역으로 결정한다. 그리고 결정한 특징신호의 추출을 위해 뇌전도 신호 데이터를 결정된 시간 구간만 잘라내고 밴드패스 필터로 결정된 주파수 대역 성분만 필터링 한다. 이와 같은 차원축소과정을 거친 뇌전도 신호에 CSP와 LDA

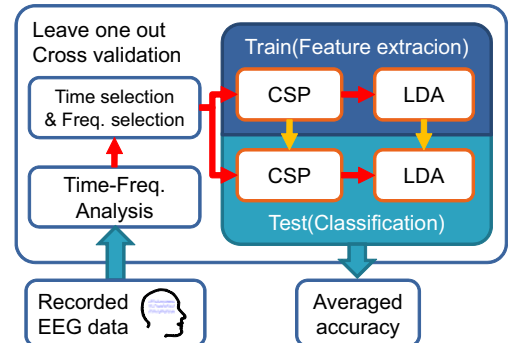


그림 2. 분류 정확도 테스트 과정

알고리즘을 사용하여 각 특징추출 알고리즘의 분류 정확도를 구한다. 평균적인 분류 정확도를 평가하기 위해 공통적으로 20 fold 교차검증법(Cross-validation)을

적용하였다.

5. 분석결과

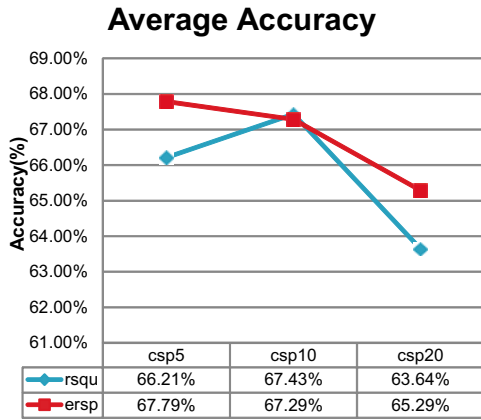


그림 3. 평균 분류 정확도 결과

위의 결과 그래프는 피실험자 뇌전도 신호를 위의 알고리즘으로 분석하여 5명의 평균 분류 정확도를 표시한 그래프이다. 특징신호를 추출하지 않는 공간 정보(전극 채널에 따른 정보)를 고려하기 위해 CSP필터의 열 개수를 5, 10, 20열까지 늘려가며 분류 정확도를 비교하였다. r^2 알고리즘을 사용한 분류 정확도의 평가한 그래프는 파란선으로, ERSP알고리즘을 사용하여 평가한 그래프는 붉은선으로 표시하였다.

ERSP 알고리즘을 사용하여 시간과 주파수의 특징신호를 추출한 분류정확도가 평균적으로 높은 정확도를 보여주었지만 r^2 알고리즘과의 차이는 크지 않았다.. 공간정보에 의한 판별 정확도는 공간 정보를 많이 사용할수록 정확도가 약간 감소하는 양상을 보인다. 일반적으로 공간정보를 많이 사용할수록 정확도가 높아지는 양상을 보이지만 반대로 정확도가 약간 감소하는 이유는 비선형의 특성을 가지고 있는 뇌전도 신호를 선형판별(LDA) 알고리즘 분류하기 때문이거나 교차검증법의 영향인 것 같다.

III. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 뇌전도 신호 분류의 정확도 향상을 위하여 시간과 주파수대역의 특징신호를 추출하는 차원축소 알고리즘 비교 분석해보았다. 두 가지의 특징신호 추출 방법을 이용하여 피실험자가 오른손과 오른발의 움직임에 상상하는 지시조건으로 기록된 뇌전도 신호를 분류해본 결과, 평균적으로 ERSP 값을 이용한 특징신호 추출방법이 비교적 높은 분류 정확도를 보여주었다. 그렇지만 일부 피실험자들에 대해서는 분류 정확도의 향상이 뚜렷하지 않아 판별 알고리즘으로 비선형적인 판별도 가능한 SVM(Support Vector

Machine)과 같은 향상된 알고리즘을 사용해 볼 필요가 있을 것 같다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2012년도 정부 (교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (중견연구자-도약연구사업, N0. 2012-0005656)

참고문헌

[1] 이승찬, 신영학, 이홍노, "뇌전도 신호를 이용한 실시간 1차원 커서제어실험," 한국통신학회 동계종합 학술발표회, p. 44, 2011.
 [2] Wolpaw, J. R., "Brain-computer interfaces for communication and control," Clin. Neuro., Vol 113, pp. 767-791, 2002.
 [3] Makeig, S. "Mining event-related brain dynamics," Tren. in Cogn. Sci., Vol 8, No 5, pp. 204-210, 2004.
 [4] Blankertz, B., "Optimizing Spatial Filters for Robust EEG Single-Trial Analysis,"IEEE Sig. Proc. Mag., Vol. 40, 2008.
 [5] <http://www.bbci.de/activities>