

## 뇌파진단 시스템에서 artifact 제거를 위한 신경망 최적화

전수열\*, 조상흠\*, 안창범\*  
 광운대학교 전기공학과 신호처리연구실\*

### Optimizing neural network for artifact reduction in electroencephalogram diagnostic system

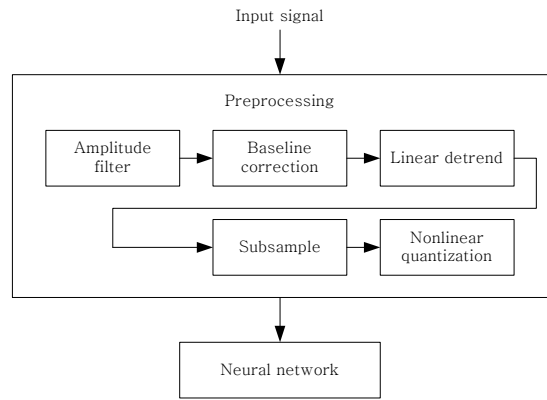
Su-Yeol Jeon\*, Sang-Heom Cho\*, Chang-Beom Ahn\*  
 Signal processing laboratory, Department of electrical engineering, Kwangwoon University\*

**Abstract** - 뇌파신호 측정 시에는 환자의 움직임 등으로 artifact가 발생하게 된다. 따라서 정확한 진단에는 이와 같은 artifact를 제거하는 것이 중요하다. 본 논문에서는 뇌파신호에서 발생할 수 있는 artifact 중 EOG(Electrooculogram: 안전위도)를 검출하고 제거하기 위한 방법으로 EOG 필터링(EOG filtering)을 제안하며, 나머지 근전도를 제거하기 위해 신경망(neural network)을 사용한다. 이때 입력신호의 특징이 신경망에 보다 잘 적용될 수 있도록 비선형 양자화기를 적응적으로 동작시키는 방법을 제안한다. 제안하는 방법을 통해 뇌파신호의 artifact를 효과적으로 제거할 수 있다.

$$\max(v(FP1), v(FP2)) > w^* \text{avg}(v(O1), v(O2)) \quad (1)$$

식(1)은 EOG의 분산값을 기준으로 안전위도를 검출하기 위한 방법으로 EOG 필터링(EOG filtering)이라고 하였다.

#### 2.2 신경망을 이용한 artifact 제거



〈그림 2〉 입력신호 전처리 과정에 대한 블록도

안전위도가 제거된 뇌파신호는 artifact를 제거하기 위해 <그림 2>에서와 같은 과정을 거친다. 이 과정은 크게 신경망 부분과 전처리 과정으로 구분할 수 있다. 신경망에서는 입력신호와 학습된 뇌파신호의 차이를 판단하며 전처리 과정에서 신경망의 학습효율을 향상시키는 동작을 한다. 특히 비선형 양자기는 입력데이터의 특징을 신경망이 보다 잘 추출할 수 있도록 하는 과정으로 신경망의 성능에 큰 영향을 준다[3, 4].

$$\text{quant}(x) = \begin{cases} \text{int}(x/Qstep) + \beta, & x \geq 0 \\ \text{int}(x/Qstep) + \gamma, & x < 0 \end{cases} \quad (2)$$

제안하는 뇌파측정 시스템에서는 복합 비선형 양자기(Hybrid nonlinear quantizer)를 사용하고 있다. 이 양자기는 신경망의 입력노드에 뇌파신호의 주기적인 성질과 진폭정보를 동시에 제공하는 양자기로서 주기성을 강조하는 이치 양자기(Bilevel quantizer)의 장점과 파형의 진폭을 나타내는 다치 양자기(Multilevel quantizer)의 장점을 최대한으로 활용한다. 또한 입력 데이터의 주기성을 강조하기 위해 입력값의 0부근에 큰 폭의 양자화 step 크기(Qstep)를 가지고 있다. β와 γ는 입력 bias를 0 부근의 양자화 step 크기를 크게 하는 역할을 한다. 실험을 통해 입력 데이터 x에 대해 Qstep, β, γ는 각각 480, 10, 3으로 결정되었다.

<그림 3>에서는 제안하는 artifact 제거 방법을 나타내고 있다. 뇌파신호의 artifact를 제거하기 위해 제안하는 방법은 EOG 필터링과 신경망회로로 구성되어 있다. EOG 필터링에서 안전위도를 제거하고, 제거된 신호는 신경망을 통해 근전도 및 그 밖의 artifact가 제거된다. 신경망의 입력데이터는 비선형 양자기를 통해 양자화되며, 이때 Qstep은 식 (3)에서와 같이 입력데이터의 평균 에너지로 결정된다.

$$Qstep = \text{avg}(\text{std}(FP1), \text{std}(FP2), \text{std}(C3), \text{std}(C4), \text{std}(O1), \text{std}(O2)) \quad (3)$$

#### 1. 서 론

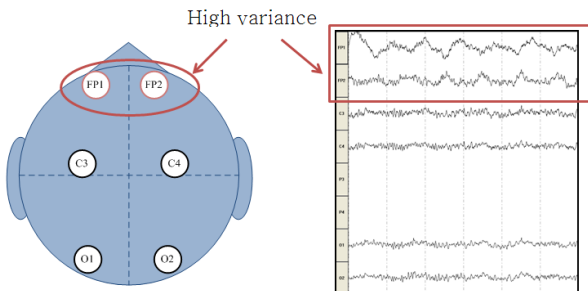
뇌파신호 측정에서 가장 중요한 것은 artifact가 없는 양질의 데이터를 얻는 것이다. Artifact의 주요원인은 환자의 움직임이나 눈 깜빡임 등이다. 이와 같은 동작은 뇌와 밀접한 연관이 있기 때문에 뇌파신호를 바탕으로 행해지는 진단에 큰 어려움을 야기한다. 따라서 전문가(의사)가 직접 신호를 눈으로 보면서 artifact를 검색하고 제거하는 작업을 해왔으나 이와 같은 작업에 많은 시간이 걸리기 때문에 이를 제거하는 알고리즘이 필요하게 되었다[1-5].

본 논문에서는 뇌파진단 시스템에서 artifact를 제거하는 위해 입력신호의 에너지 분포와 신경망을 이용하는 방법을 제안한다. 환자의 안전위도에 의한 움직임이 있을 경우 전두엽에서의 에너지 분포를 통해 양질의 신호를 구별할 수 있으며, EMG(근전위도)와 같은 artifact는 신경망을 통해 제거한다.

#### 2. 본 론

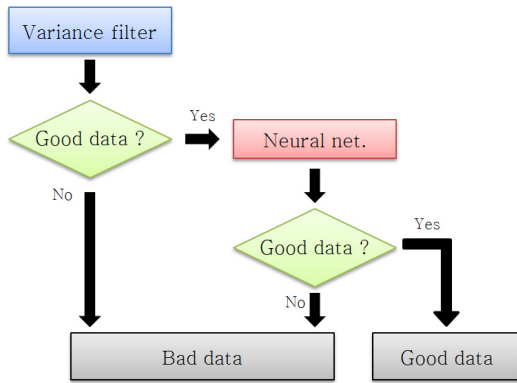
##### 2.1 안전위도 검출

안전위도에 따른 영향을 보기 위해 측정 중에 눈을 깜빡이거나 움직이는 동작을 하여 뇌파신호를 관찰하였다. <그림 1>과 같이 안전위도에 의해 뇌파신호의 전두엽에 안전위도가 유기되는 것을 알 수 있다. 또한 안전위도는 눈의 움직임 및 위치에 의해 발생하는 신호이기 때문에 전두엽에는 큰 에너지가 관찰되었다. 이와 같은 현상을 이용하여 다른 측정 부위와의 에너지 크기로 안전위도를 검출할 수 있다.



〈그림 1〉 안전위도가 포함된 뇌파신호

측정된 뇌파신호가 식(1)을 만족한다면 안전위도가 유기되었다고 가정하여 양질의 뇌파신호에서 제외시킨다. 식(1)에서 FP1, FP2, O1, O2는 <그림 1>에서 나타낸 것처럼 전두엽과 후두엽의 측정 부위를 나타낸다. max(·)와 avg(·)는 최대값과 평균값을 계산하는 함수이며, v(·)는 분산값을 계산하는 함수를 나타낸다.



〈그림 3〉 뇌파신호를 위한 artifact 제거 블록도

### 3. 실험 및 결과

Artifact 제거 방법의 성능은 여러 가지 요소에 의하여 영향을 받게 되는데 최적의 방법을 구성하기 위해서는 객관적인 성능 평가 및 비교가 필요하다. 본 논문에서는 객관적인 성능을 위해 7개의 실험적으로 측정된 뇌파신호 set에 대하여 성능을 평가하였다.

#### 3.1 추정 이론 (Estimation theory)

추정이론이란 입력/측정 데이터에 기반을 두어 파라미터의 값들을 추정하기 위한 이론이다. 이 중에서 이진 가설 실험(Binary hypothesis test)는 신호원이 이진신호인 경우만을 가정하며 따라서 다음과 같은 경우를 가정할 수 있다[6].

1.  $H_0$  true; choose  $H_0$ .
2.  $H_0$  true; choose  $H_1$ .
3.  $H_1$  true; choose  $H_1$ .
4.  $H_1$  true; choose  $H_0$ .

$H_0$ ,  $H_1$ 가 출력신호를 나타낼 때, 식 (4)의 1, 3의 경우는 옳은 추정을, 2, 4는 잘못된 추정을 한 경우이다. 즉, 1과 3은 양질의 신호를 양질의 신호로, 불량한 신호를 불량한 신호로 추정할 경우이고, 2와 4는 양질의 신호를 불량한 신호로, 불량한 신호를 양질의 신호로 추정할 경우를 나타낸다. 위의 네 가지 경우를 바탕으로 이진신호에 대한 위험도(risk) 나타내면 식 (5)와 같이 기대값(expectation value)으로 나타낼 수 있다[6].

$$R = C_{00}P_0P_r(\text{say } H_0|H_0 \text{ is true}) + C_{10}P_0P_r(\text{say } H_1|H_0 \text{ is true}) + C_{11}P_1P_r(\text{say } H_1|H_1 \text{ is true}) + C_{01}P_1P_r(\text{say } H_0|H_1 \text{ is true}) \quad (5)$$

$P_0$ 는  $H_0$ 인 경우의 확률값을 나타내며,  $P_r$ 은 조건부 확률을 나타낸다. 그리고  $C$ 는 각 확률값에 대한 중요도(weight)를 나타낸다.

뇌파신호의 경우 불량한 신호를 양질의 신호로 판단할 경우 불량한 신호가 양질의 신호 전체에 영향을 주기 때문에 정확한 진단에 많은 어려움을 발생시킨다. 식 (5)에서는  $C_{01}$ , 즉 불량한 신호를 양질의 신호로 판단하는 경우에 대한 중요도가 가장 크다고 할 수 있다. 따라서 제안하는 artifact 제거 방법의 성능은 위의 경우가 얼마나 발생하는가를 기준으로 식 (6)을 기준으로 평가한다.

$$R_{01} = P_1P_r(\text{say } H_0|H_1 \text{ is true}) \quad (6)$$

#### 3.2 제안하는 방법의 성능검사

제안하는 방법을 실험하기 위해 32채널 뇌파측정 시스템을 통해 성능을 평가하였다. 7명의 뇌파신호 데이터에 대하여 사전에 양질의 신호와 불량한 신호를 구분하고 얼마나 정확한 판단을 하는가를 평가하였다. 신호는 256 샘플 당 1 epoch로 나타내어 구분하였다.

〈표 1〉에서는 3.1에서 설명한 위험도를 기준으로 여러 artifact 제거 방법을 비교하고 있다. 위험도를 기준으로 볼 때 EOG 필터링을 통한 성능 개선을 확인할 수 있었으며 제안하는 방법이 고정된 Qstep과 유사한

성능을 보임을 확인하였다.

〈표 1〉 실험데이터에 대한 위험도 비교

순번	총 epoch 수	$R_{01}$		
		①	②	③
1	77	0.003	0.005	0.005
2	77	0.083	0.021	0.021
3	300	0.000	0.000	0.000
4	300	0.004	0.004	0.004
5	232	0.005	0.004	0.004
6	152	0.017	0.009	0.013
7	151	0.027	0.010	0.015
Average		0.024	0.007	0.009

- ① - Constant Qstep without variance filtering  
 ② - Constant Qstep with variance filtering  
 ③ - Adaptive Qstep with variance filtering (→ proposed scheme)

### 4. 결 론

제안하는 신경망 최적화 방법은 뇌파진단 시스템에서 발생한 artifact를 효과적으로 제거하기 위한 방법으로 EOG 필터링과 신경망으로 구성된다. 제안하는 필터링을 통해 안전위도를 제거하고, 근전도와 같은 나머지 artifact는 신경망에서 제거된다.

본 논문에서는 비선형 양자기가 신경망의 성능에 큰 영향을 줄 수 있기 때문에 적절한 Qstep을 제안하였다. 입력 신호의 평균 에너지를 이용한 Qstep 선택은 환자나 측정 장비의 차이에 무관하게 신경망을 최적화한다.

실험을 통해 제안하는 방법은 뇌파진단 시스템의 artifact를 효과적으로 제거할 수 있으며 잘못된 판단을 할 위험도가 매우 적음을 알 수 있었다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Berg, P. and scherg, M. "A multiple source approach to the correction of eye artifacts", *Electoenceph. clin. Neurophysiol.*, 90, 229-241, 1994
- [2] Hillyard, SA. & Galambos, R. "Eye-movement artifact in the CNW", *Electroencephalog. clin. Neurophysiol.*, 28, 173-182, 1970
- [3] Billsus, D., and Pazzani, M. J. "Learning collaborative information filters", In *Proceedings of the Fifteenth International Conference on Machine Learning*, pages 46-53, 1998
- [4] Cohen, W. W. "Web\_Collaborative Filtering: Recommending Music by Crawling The Web", *The International Journal of Computer & Telecommunications Networking*, V.33 N.1-6, pages 685-698, 2000
- [5] 신수인, 정주영, 김명남 & 조진호, ICA를 이용한 전두엽에서 획득한 뇌파 신호에서의 EOG 제거 방법 제안, 제24회 대한의용생체공학회 춘계의공학회 논문집, 제24권 1호, 95-96, 2001
- [6] Steven M. Kay, *Fundamentals of Statistical Signal Processing: Estimation Theory*, Prentice-Hall, 1993