

비격자형 전극배치에서의 EEG 전위 보간에 관한 연구

### 비격자형 전극배치에서의 EEG 전위 보간에 관한 연구

°이용희°, 이응구°, 김선일\*\*, 이두수°

\*한양대학교 공과대학 전자공학과, \*\*한양대학교 의과대학 계량의학교실

#### A study on the topographic mapping of EEG records with electrodes irregularly disposed

Yong Hee Lee°, Eung Gu Lee°, Sun Il Kim\*\*, Doo Soo Lee°

\*Dept. of Electronic Engineering, Hanyang University

\*\*Dept. of Medical Information and Management, Hanyang University

#### Abstract

To represent the overall potential distribution on the entire scalp it is necessary to interpolate between sampled EEG(electroencephalogram) values. we describe a method to interpolate between scalp recorded EEG data which obtained from electrodes irregularly disposed on the scalp, using polynomial interpolation. This method can analyze the variance of source temporally or spatially and present continuous distributed topographic mapping of the EEG records.

In the result, we obtained the overall potentials distribution on the entire scalp from the EEG records of a patient which was known to epilepsy.

#### 서론

뇌에서 일어나는 전기적 활동을 분석하여 특정한 정보의 기원과 흐름을 밝히려는 노력은 오래전부터 많은 연구가에 의해 연구되어온 분야이다. 이러한 연구는 대부분 두피상에 전극을 부착하여 뇌에서의 전기적 흐름을 측정하는 EEG(electroencephalogram) 신호측정을 보편적으로 이용하고 있다. [1][2][3] 그러나 두피상에서 한정된 전극을 통하여 얻은 EEG 신호는 뇌에서 일어나는 다양한 전위 source의 상호작용에 의한 결과적인 신호이기 때문에 복잡한 형태로 나타게 되며 이러한 EEG 신호의 분석은 전문적인 식견이 없이는 다루기가 어렵다. 따라서 오늘날의 연구는 컴퓨터상에서 한정된 전극으로부터 EEG 신호를 두피 전체에 보간법을 이용하여 2차원으로 나타냄으로서 뇌에서의 전기적인 활동을 전문적인 식견이 없이도 시간적, 공간적으로 쉽게 파악할 수 있게

하고 있다. [4][5][6] 그러나 고전적인 2차원 보간법은 EEG 전극을 두피상에 표준 전극 설정 형태가 아닌 격자망(mesh grid) 형태로 배치를 해야 하며 보간 영역의 끝부분에 대한 도함수를 갖고 있어야만 한다. 이 경우 임상에서 이용하고 있는 표준전극위치의 EEG 신호를 2차원상으로 나타낼 때 실제 두피상의 전위분포와 보간한 2차원상의 전위분포는 오차가 생기게 되며 기원점을 갖는 문제(EP, Spike wave...)에서는 정확한 전위 source의 위치를 파악할 수 없게 된다. 제안한 방법에서는 두피상에서의 EEG 전극 설정위치가 격자망 형태가 아닌 경우에도 2차원 보간을 수행 할 수 있도록 하고 있으며 보간 다항식을 이용함으로써 2차원 두피 전체의 전위분포를 연속적이며 smooth하게 나타낸다.

#### 두피 모델링과 EEG 전극 설정위치

두피상에서 얻은 EEG 신호로부터 보간을 수행하여 나타낼 때 보간의 대상이 되는 보간 영역은 두피의 형태가 된다.

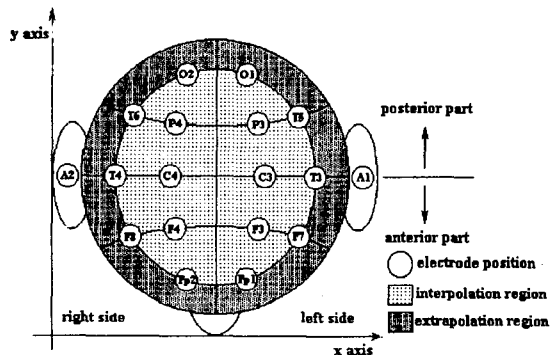


그림.1 EEG 전극 설정위치

두피의 형태는 사람마다 뇌의 용적 및 형태가 각기 다르므로 각각의 경우에 대해 모델링한다는 것이 불가능하다. 따라서 수학적으로 다루기 쉬운 구형(spherical model)으로 표현한다. 그림1은 두피 모델과 EEG전극 설정위치를 갖는 보간영역을 구분하여 보여주고 있다.

여기서 좌표축은 보간을 취할 때의 가로와 세로축을 의미하며 EEG신호를 얻기 위해 사용하는 전극은 16channel 기준 전극 도출법을 나타냈다.

**EEG신호의 2차원 보간**

격자망(mesh grid)형태가 아닌 공간적으로 분포되어 있는 전극으로부터 2차원 평면상에 연속적인 보간전위를 얻기 위해서는 일차적으로 x축 또는 y축상의 EEG전극을 기준으로 하여 얻은 신호를 보간하고 이 데이터와 수직으로 분포된 y축 또는 x축상에 존재하는 EEG신호와의 접하는 위치로부터 2차원 평면상에 보간을 수행한다. EEG신호의 보간은 각 전극의 경계 내부에서는 interpolation을 수행하고 외부 전극과 head 모델 평면상에서는 extrapolation을 수행한다. 그러나 실제의 과정은 interpolation과 extrapolation을 구분하지 않고 보간식의 연속적인 구간으로 보고 보간을 취한다. polynomial 보간법은 N개의 data가 주어졌을 때 N개의 data를 지나는 N-1차의 다항식을 구하는 과정으로서 이 때의 다항식은Lagrange 계산식을 이용하여 구하게 된다. N개의 data  $y_1=f(x_1), y_2=f(x_2), \dots, y_N=f(x_N)$ 에 대해 보간하고자 하는 점 x의 보간값은 식(1)의 Lagrange 계산식 P(x)에 의해 얻을 수 있다.

$$P(x) = \frac{(x-x_2)(x-x_3)\dots(x-x_N)}{(x_1-x_2)(x_1-x_3)\dots(x_1-x_N)} y_1 + \frac{(x-x_1)(x-x_3)\dots(x-x_N)}{(x_2-x_1)(x_2-x_3)\dots(x_2-x_N)} y_2 + \dots + \frac{(x-x_1)(x-x_2)\dots(x-x_{N-1})}{(x_N-x_1)(x_N-x_2)\dots(x_N-x_{N-1})} y_N = \sum_{i=1}^N \left( \prod_{j=1, j \neq i}^N \frac{(x-x_j)}{(x_i-x_j)} \right) y_i \quad (\text{단, } i \neq j \text{인 경우}) \quad (1)$$

일차원 보간식을 2차원으로 확장하는 과정은 3차원 두피 공간상에 위치한 EEG전극을 2차원 평면으로 투영하여 이루어진다. 그림1과 같이 2차원 평면상에 분포된 EEG data를 보간하기 위해서 비선형적으로 분포된 세로축 또는 가로축 data를 선형화 하여 그림2와 같이 배치하여 보간식을 구한다.

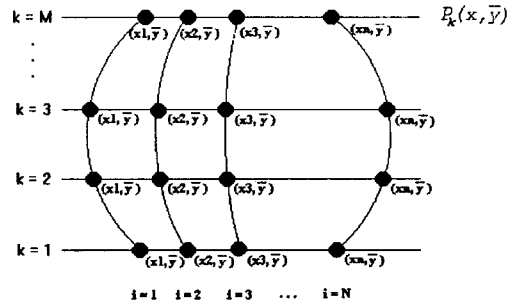


그림.2 2차원 보간을 위한 선형 배치 전극

두피 전체의 전위분포를 얻기 위해 사용되는 보간법은 유한개의 좌표점에서의 자료로 임의의 좌표에서의 값을 얻기 위해 사용되며 한정된 data를 지나는 연속적인 곡선을 얻을 수 있고 interpolation과 extrapolation을 수행할 수 있어야 한다. 그림2에서 x축으로 일차원 보간을 수행하고 y축으로 보간을 하게 되며 식(2)에 의해 보간다항식을 구하게 된다. 그림.3은 가상의 source위치를 가정한 16channel 입력에 대해 polynomial 보간법을 이용하여 보간을 취한 결과로 x와 y축에 대해 보간식을 적용한 전체 표면 전위 분포를 보여 준다.

$$V(x,y) = \sum_{k=1}^M \left( \prod_{i=1}^N \frac{(y-y_i)}{(y_k-y_i)} \right) P_k(x, \bar{y}) \quad (\text{단, } k \neq l \text{인 경우}) \quad (2)$$

$$P_k(x, \bar{y}) = \sum_{i=1}^N \left( \prod_{j=1, j \neq i}^N \frac{(x-x_j)}{(x_i-x_j)} \right) p_i \quad (\text{단, } i \neq j \text{인 경우})$$

여기서 V(x,y)는 좌표 x,y에서의 2차원 보간 다항식이며  $P_k(x, \bar{y})$ 는 k번째 선형 전극에서 곡선 좌표  $(x, \bar{y})$  점에서의 일차 보간 다항식이다.  $\bar{y}$ 는 x좌표에 따라 계산되는 비선형 전극배치 곡선에서의 y축 좌표값이다.  $p_i$ 는 i번째 전극에서의 EEG전위 이다.

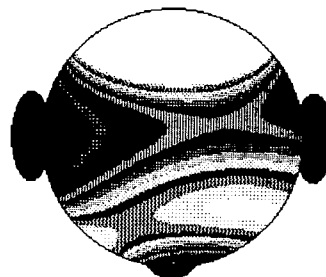


그림.3 보간된 전체 표면 전위분포

실험 및 고찰

제시한 2차원 보간 알고리즘의 임상 적용을 위해 본 연구에서 간질(epilepsy) 진단을 받은 14세 남자환자의 발작시 EEG신호를 채집하여 적용하였다. 보간식은 polynomial 보간식을 사용하였으며 그림4(a)는 16 channel EEG신호이며 기준전극 도출법에 의해 얻은 파형이다. 그림에서 짙은 부분이 우세한 전위를 나타내는 곳이며 그림4(b)는 그림4(a)의  $t_1$ 에서  $t_6$ 까지의 시간에 따라 구한 전체 전위분포이다.

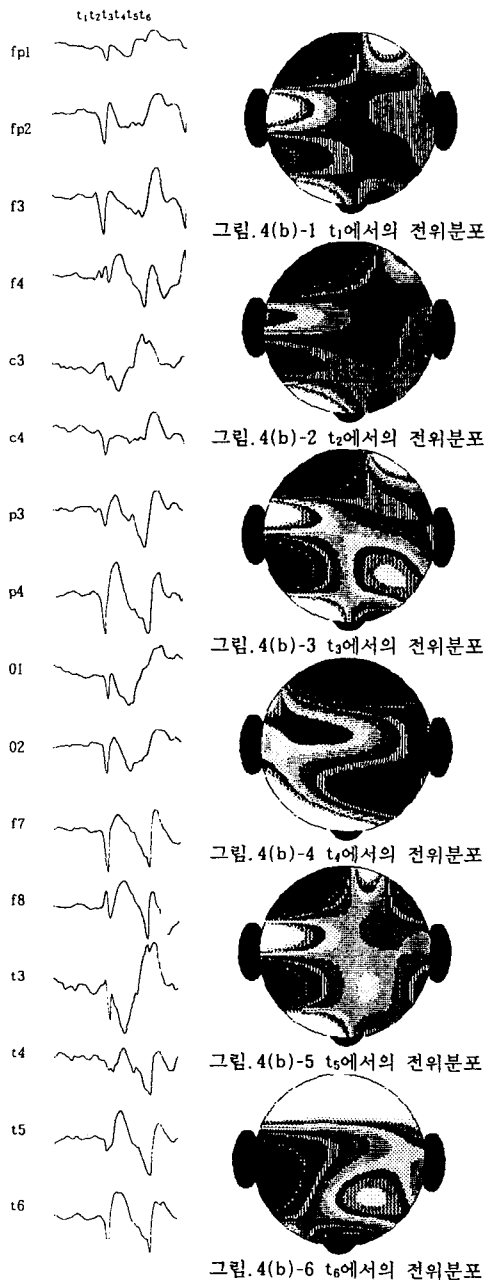


그림.4(a) 16 Channel EEG 신호 그림.4(b) 전체 전위분포

EEG전위가 높은 부분은 짙게 나타나 있다. 두피 전체의 전위 분포가 연속적이며 smooth하게 분포되었음을 알 수 있다.

결론

본 연구에서는 격자망 배열이 아닌 EEG전극으로부터 얻은 신호를 2차원상에 보간하여 연속적이며 smooth한 전체 전위를 구하는 방법을 보였다. 2차원으로 보간을 함으로서 특정한 뇌파 활동이 두개상의 어느 부위에 나타나는가를 알 수 있고 기원점을 갖는 문제에 이용함으로써 source의 시간적인 변화를 파악할 수 있었다. 임상적으로는 수술이 필요한 뇌질환환자의 수술부위를 찾는 데 도움을 주며 유발성전위뇌파(Evoked Potential)를 연구하는 분야에서는 유발전위 source의 분포로 뇌의 기능에 대한 위치 정보와 이상유무를 판독하는데 이용될 수 있다. 향후 DSP를 이용한 실-시간 분석, 그리고 다양한 뇌파신호(VEP, SEP, AEP, ...)와의 시스템 구성에 관한 연구도 임상의 적용을 위해서 요구된다.

참고 문헌

- 1) Seunghun Park, Jose C. Principe, Jack R. Smith, and Steven A. Reid, "TDAT-Time Domain Analysis Tool for EEG Analysis", IEEE Transaction ON Biomedical Engineering, vol 37, No 8, August 1990.
- 2) G. Sitzer and H. Altenburg, "The Diagnostic Value of the Source Derivations in Comparison with Standard Unipolar and Bipolar EEG Derivations in Circumscribed Lesions of the Brain", Electromedica, March 1981.
- 3) G. W. Thickbroom, F. L. Mastaglia, W. M. Carroll and H. D. Davies, "Source Derivation: Application to Topographic Mapping of Visual Evoked Potentials", Electroencephalography and clinical Neurophysiology, vol 59, pp. 279-285, 1984.
- 4) Frank H. Duffy, MD, James L. Burchfiel, PhD, and Cesare T. Lombroso, MD, "Brain Electrical Activity Mapping (BEAM): A Method for Extending the Clinical Utility of EEG and Evoked Potential Data", Annals of Neurology, Vol 5 No 4, April 1979.
- 5) Frank H. Duffy, MD, Martha B. Denckla, MD, Peter H. Bartels, PhD, and Giulio Sandini, PhD, "Dyslexia: Regional Differences in Brain Electrical

Activity by Topographic Mapping", *Annals of Neurology*, Vol 7 No 5, May 1980.

- 6) F. Perrin, J. Pernier, O. Bertrand, M. H. Giard and J. F. Echallier, "Mapping of scalp potentials by surface spline interpolation", *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, vol 66, pp. 75-81, 1987.
- 7) William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery, "Numerical Recipes in C", Cambridge Univ. PRESS, pp. 105-123, 1992.