

Graphical User Interface 및 자동화에 기초를 둔 뇌파 및 뇌 유발전위 진단시스템

Graphical User Interface 및 자동화에 기초를 둔 뇌파 및 뇌 유발 전위 진단 시스템

김일연, 이택용, 안창범
광운대학교 전기공학과

Development of an EEG and EP Mapping System based on
the Graphical User Interface and Machine Automation

I.Y. Kim, T.Y. Lee, and C.B. Ahn

Department of Electrical Engineering, Kwangwoon University

Abstract

A clinically oriented EEG and EP mapping system was developed with user-friendly interface and easy interactive operations. The system was based on the graphical user interface developed with C/C++ and Software Development Kit (SDK) operated under Microsoft Windows 3.1. Continuous acquisition for the EEG signal and burst mode acquisition for EP signal synchronized to the external stimuli are implemented with real time display. A neural network based automatic artifact discrimination is developed and implemented with which examination time can be reduced by a factor of 3 or more. Several bands of spectral maps and spectrums are displayed for EEG diagnosis. Amplitude maps of EP signal at specified times by operator are displayed together with cine mode of EP maps for dynamic study. Source localization and other statistical signal processing are also included.

서 론

컴퓨터 산업과 의학, 전자공학의 발달로 인해 의료 영상 분야에서 Computer Tomography (CT)나 Magnetic Resonance Imaging (MRI), Positron Emission Tomography (PET), Electroencephalography (EEG), Magnetoencephalography (MEG) 등으로 뇌의 해부학적 구조나 기능을 영상화할 수 있게 되었다. CT나 MRI가 뇌의 해부학적 구조를 영상화하기 위한 것이라면, EEG, MEG, PET 등은 뇌의 기능을 영상화하기 위한 것이다. EEG란 뇌의 수많은 신경에서 발생한 전기적 신호가 합성되어 나타나는 미세한 신호로써 뇌의 활동 및 상태, 기능에 따라 시공간적으로 변하기 때문에 EEG의 측정은 뇌 기능 장애를 진단하는데 필수적인 과정이라 할 수 있다. [1] 또한 EEG는 MEG에 비해 측정이 용이하며 검사가 비교적

적 간단하고 임상적 응용 분야가 넓다는 장점을 가지고 있다. EEG 및 EP Mapping은 뇌에서 발생한 전위의 공간적 분포를 보기 위해 사람의 머리 표면에 제한된 수의 전극을 붙인 후에 전극을 통해 측정된 뇌파 및 뇌 유발 전위를 근거로 Amplitude 패턴 혹은 주파수 패턴을 topography 형태로 계산해내는 것이다. [2 - 3]

본 논문에서는 MS Windows 환경하에서 PC를 기반으로 하는 뇌파 및 뇌 유발 전위 진단 영상 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 전극으로 부터 뇌파를 측정하여 여러 가지 신호처리 기술을 사용하여 신호를 분석한 후 뇌에서 발생한 전위의 공간적 분포를 전체적이고 종합적으로 볼수 있도록 Pseudo-Color Mapping에 의해 2차원 Topography로 영상화하였다. 시스템은 PC를 기반으로 하고 있으며 시스템 소프트웨어는 크게 환자 등록 부분, EEG 및 EP (Evoked Potential) 데이터의 수집 및 검사부, 시·청각 자극을 만드는 부분, 신경망에 의한 Artifact 자동 판정부, 신호 처리부, Map의 Generation 및 Display부, Print부 등으로 구성되어 있다. 소프트웨어 개발에 사용한 언어는 Microsoft C/C++ 7.0과 Microsoft SDK (Software Development Kit) 3.1 로써 전체 메뉴를 Pull-Down 방식으로 설계하였고 각 메뉴의 Sub-Menu 형태로 Button을 사용하여 User가 사용하기 쉽도록 하였다.

1. 환자의 등록 및 등록된 환자의 선택

각 환자별로 EEG, Visual EP, Auditory EP를 검사 하여 3 가지 데이터를 수집한다. EEG 데이터는 Spectrum Map을 그리기 위해 FFT한 결과를 보관해야 하며 EP 데이터는 Amplitude Map을 그리기 위해 Average한 결과를 보관해야 한다. 이와 같이 수집된 데이터나 수집된 데이터를 신호처리 하여 생기는 결과물은 각 환자별로 Directory를 만들어 그 Directory 내에서 보관, 관리된다. 새로운 환자의 데이터를 수

집하기 전에 환자 등록 메뉴를 통해 환자를 등록해야 한다. 환자 등록 대화 상자에 환자에 관한 몇 가지 기본적인 사항(이름, 생년월일, 성별, 증상 등)을 입력하고 나면 등록된 환자의 Directory가 만들어진다. 등록된 환자는 환자 선택 대화 상자를 통해 선택될 수 있다. 환자 선택 대화 상자에는 환자의 Directory 이름과 함께 검사 일시가 표시되어 환자를 선택하는데 도움이 되도록 하였다. 환자가 등록 또는 선택되면 화면의 오른쪽 상단에 선택된 환자의 이름이 Display되어 현재 작업중인 환자를 쉽게 알아볼 수 있게 하였으며 데이터 수집이나 신호처리 등 다른 모든 과정은 환자가 선택된 상태에서만 수행할 수 있다.

2. 데이터 수집

데이터 수집부에서는 EEG, Visual EP, Auditory EP 데이터를 수집 및 검사할 수 있다. EEG는 환자에게 어떠한 자극도 가하지 않은 상태에서 수집되며 Visual EP는 환자에게 시각적인 자극을 가한 후, Auditory EP는 환자에게 청각적인 자극을 가한 후에 그 반응으로서 나타나는 데이터를 수집한다. 데이터 수집과 동시에 수집된 데이터는 실시간으로 도시되며, 저장되고 있는 File 이름과 저장된 데이터의 Epoch 수도 표시된다. EEG의 경우 데이터의 수집 중에 수집된 데이터에 대해 Artifact 판정을 할 수 있는 Auto Mode의 데이터 수집도 가능하다. 모든 데이터 화일의 앞부분에는 512 Byte Header가 있으며 Header는 환자에 관한 정보를 기록하는 부분과 데이터 수집과 관련된 정보를 기록하는 부분, 신호처리에 관한 정보를 기록하는 부분으로 구성되어 있다.

3. Auto Mode의 데이터 수집

수집된 EEG 데이터에는 보통 근육이나 눈의 움직임과 관련한 EMG나 EOG 신호가 함유되어 있는 경우가 많다. 따라서 수집된 EEG 데이터 중 Artifact가 없는 좋은 데이터만을 선별하여 진단에 사용하여야 한다. 실제 Artifact가 없는 데이터는 수집된 데이터의 극히 일부이다. 그러므로 수집된 데이터의 양보다 수집된 데이터 중에 좋은 데이터가 얼마나 많이 있는가가 신뢰성 있는 진단을 내리는데 중요한 요소가 된다. 본 논문에서는 EEG 데이터의 수집중에 일정한 시간 간격으로 데이터의 수집을 잠시 정지하고 수집된 데이터 중에 좋은 데이터가 얼마나 있는지를 신경망을 이용하여 판별하게 하였다. 신경망에 의해 판별된 좋은 데이터의 갯수가 미리 정해 놓은 수 보다 많으면 데이터 수집을 중지하고 그렇지 않으면 데이터 수집을 계속한다. 신경망이 내린 Artifact 판정은 데이터 화일의 뒷부분에 보관되어 Artifact 판정부에서 확인, 수정할 수 있게 하였다.

4. 시·청각 자극부

VEP (Visual Evoked Potential)의 측정시 사용되는 시각 자극은 1.5 × 2.0 cm의 흰색과 검정색이 섞인 Checkerboard 무늬를 사용하였다. 데이터 수집이 시작되면 0.5 초 간격으로 흰색이 검정색으로 검정색이 흰색으로 바뀌며 데이터 수집이 시작된다. ERP (Event Related Potential) 측정시 사용되는 자극은 단속음을 사용하였고 낮은 소리와 높은 소리가 불규칙하게 4 : 1의 비율로 섞여 0.5 초 간격으로 반복하였다. VEP의 데이터 수집은 색이 변하는 순간에 이루어지며 ERP의 데이터 수집은 높은 소리가 나는 순간에 이루어진다.

5. 신호처리부

측정된 EEG 및 EP 데이터는 거의 비슷한 전처리 과정을 거쳐 EEG는 주파수 영역에서 EP는 시간 영역에서 분석된다. 전 처리과정은 Baseline Correction, Linear Detrend, 60 Hz Notch Filtering을 포함하고 있다. Baseline Correction은 여러 가지 주변 전자장치들의 온도 변화에 의해 기저선이 변하는 Artifact를 제거하기 위해 사용된다. Linear Detrend는 환자의 움직임 등에 의해 수집된 신호의 파형이 점점 증가하거나 감소하는 Artifact를 제거하기 위한 것이고, Notch Filtering은 전력선에 의한 60 Hz 성분의 잡음을 제거하기 위한 것이다.

전처리 과정을 거친 EEG 데이터는 1 초 단위로 끊어서 FFT를 한 후, 제공하여 Ensemble 평균을 구한후 그 결과를 보관한다. EEG 신호의 FFT는 Artifact 판정에서 좋은 데이터로 판정을 받은 데이터에 대해서만 수행된다.

Visual EP와 Auditory EP는 외부에서 가해지는 자극에 의해 뇌의 전기적인 활동이 어떻게 변하는지를 보기위한 검사이다. 그러나 실제로 측정되는 EP 데이터에는 뇌의 자발적인 활동에 의한 EEG도 포함되어 있다. [4] 따라서 EP 데이터의 신호처리 과정에서 자극과 무관한 EEG는 Artifact로 간주하여 제거하여야 한다. 일반적으로 EP 성분은 자극에 동기되어 수집되므로 자극이 반복적으로 가해질 경우 거의 비슷한 형태의 신호 파형이 얻어지며 EEG 성분은 자극과는 관련이 없으므로 Random한 신호로 생각할 수 있다. 이러한 가정하에서 수집된 EP 데이터를 한 번의 trial 단위로 bispectrum 또는 시간 영역에서 평균을 구하게 되면 Random한 특성에 가까운 EEG와 Artifact는 사라지게 되고 EP 성분만 남게 된다. 신호처리를 위한 대화 상자에서 화일과 처리 항목을 선택한 후 Go Button을 누르면 신호처리가 시작되며 그 상태가 대화 상자 아래쪽에 표시된다.

6. Map

Map은 전극을 통해 측정된 EEG가 사람의 머리 표면에서

공간적으로 어떻게 분포하는지를 영상화하기 위한 수단이다. EEG는 사람의 머리 표면에서 극히 제한된 수의 전극으로 부터 측정되며 이를 근거로 Map을 만들어야하기 때문에 머리 표면에서 전위분포를 2 차원으로 영상화하기 위해서는 실제로 측정되지 않은 전극사이의 지점에서의 전위를 추정해야 한다. 측정되지 않은 곳의 전위를 추정하기 위한 방법으로 선형 보간법과 cubic spline 보간법을 사용하였다. 선형 보간의 경우 추정하려고 하는 점의 전위를 구하기 위해 먼저 그 점에서 가장 가까운 4 개의 전극을 선택한다. 선택된 전극의 전위값에 추정하려고 하는 곳과 선택된 각 전극간의 거리에 반 비례하는 가중치를 주어 합산한 결과를 그점의 전위로 추정 하게 된다. 추정된 값을 토대로 Pseudo-Color Mapping에 의해 Map을 만들게 되며 Map의 종류에는 Map을 만들때 사용한 데이터에 따라 Spectrum Map과 Amplitude Map, Statistical Map 등이 있다. Spectrum Map은 데이터를 Fourier 변환한 후 Power Spectrum 값을 근거로 만든 것이며 Amplitude Map은 시간 영역에서 데이터의 진폭을 근거로 만든 것이다. Statistical Map은 데이터에 통계적 처리 (z Statistics, t Statistics)를 한후 그 결과를 Map으로 그린 것이다.

EEG의 경우에 주파수 영역에서 Spectrum Map을 만들어 Display한다. 신호 처리 과정에서 FFT한 결과를 토대로 주파수 대역별로 Delta (0 - 4 Hz), Theta (4 - 8 Hz), Alpha (8 - 13 Hz), Beta (13 Hz 이상) Map을 만들며 Map을 만들때 사용한 Spectrum의 파형도 Display할 수 있다. EP의 경우에 시간 영역에서 Amplitude Map을 만들어 Display한다. Mouse Button을 사용하여 Map을 만들고자 하는 시간을 손쉽게 설정 또는 변경할 수 있도록 하였으며 동시에 4 장의 Map을 Display할 수 있도록 하였다. 또한 시간이 지남에 따라 변해 가는 전위 분포를 연속적으로 관찰하기 위해 Cine Mode도 구현하였다. Cine Mode에서는 일정한 시간 간격으로 Map이 연속적으로 Display된다. Scroll Bar를 사용하여 Map이 Display되는 속도를 조절할 수 있으며 Display되고 있는 Map을 일시 정지시킬 수도 있다. Map이 정지되어 있는 상태에서는 한 Frame 씩 끊어서 Map을 Display할 수 있게 하여 연속적으로 변하는 Map을 용이하게 관찰할 수 있게 하였다. 각 Map의 오른쪽에는 Calibration Bar를 만들어 최대 전위값과 최소 전위값을 변경함으로써 진단이 용이하도록 하였다. 모든 Map은 거의 실시간으로 만들어져 Display되며 Print도 가능하다. 그림 1은 EP Map의 화면을 나타내고 있다.

7. Artifact 자동 판정부

전극을 통해 측정된 EEG 신호에는 사람의 뇌에서 발생한

EEG 신호와 함께 여러 가지 원인에 의해 뇌에서 발생하지 않은 신호들이 존재한다. 뇌에서 발생하지 않은 모든 신호를 Artifact라고 하며 Artifact는 신호처리 전 단계에서 제거되어야 한다. Artifact에는 정전기나 전력선에 의한 Artifact, EEG Machine과 같은 전자 장치에서 발생하는 Artifact 등 외부적인 요인에 의한 것이 있고 환자의 심장 박동에 의한 ECG, 근육의 움직임에 의한 EMG, 눈의 움직임에 의한 EOG 등 환자에게서 발생하는 Artifact가 있다. 특히 눈의 움직임에 의한 Artifact는 머리의 앞부분에 위치한 전극에 큰 영향을 미치므로 반드시 제거되어야 한다. 이러한 Artifact 중에 전자 장치의 열잡음에 의한 기저선의 변동, 전력선에 의해 발생하는 60 Hz 성분의 Artifact는 신호처리부의 전처리 과정에서 제거가 가능하나 ECG와 EMG, 눈의 움직임에 의한 Artifact는 그 크기나 파형의 변화가 심하여 filtering에 의해 제거하기는 매우 어려운 일이다. 과거에는 이러한 과정을 의사가 눈으로 데이터를 직접 확인하여 Artifact를 판정하였는데 이 과정에서 시간이 많이 소요되며 또한 전체 시스템의 자동화에는 제약이 되어왔다.

본 논문에서는 전문가의 경험적 지식에 기반을 둔 신경망을 통해 데이터 수집 중에 혹은 데이터 수집후에 Artifact를 판정하여 제거하도록 하였다. [5] Artifact 판정은 Epoch 단위로 끊어서 신경망의 입력으로 가지고 신경망은 입력된 데이터에 대해 1 - 100 까지 점수를 매긴다. 신경망이 입력된 데이터에 대해 판정한 점수가 미리 정해 놓은 점수 (Artifact Label, Default로 80점 이다)보다 높으면 Artifact가 없는 좋은 데이터로 그렇지 않으면 나쁜 데이터로 판정된다. 신경망이 수집된 모든 데이터에 대해 Artifact 판정을 내린 후에 신경망이 내린 결과 (점수)와 함께 데이터의 파형을 Display하여 신경망이 내린 결과를 확인, 수정할 수 있도록 하였다. Display되는 데이터는 Artifact Level 이상의 점수를 얻은 좋은 데이터만 Display되기 때문에 의사가 검사해야 할 데이터량은 전체 데이터의 약 1/4 - 1/5 정도로 줄어들게 된다. 또한 데이터의 Quality에 따라 의사가 Artifact Level을 interactive하게 조절할 수 있게 하였다. 그림 2는 Artifact를 판정하기 위한 화면을 나타낸다.

결론

본 논문에서는 뇌파 및 뇌 유발전위 진단 영상 시스템 개발에 관하여 소개하였다. PC를 기반으로 데이터 수집과 신호처리를 하여 빠른 시간에 Map을 만들 수 있으며 Graphic User Interface를 통하여 손쉽게 사용할 수 있게 하였다. 또한 Artifact 판정에 신경망을 이용함으로써 진단에 소요되는 시간을 크게 줄일 수 있었다.

참고 문헌

[1] R. Cooper, J.W. Osselton, J.C. Shaw, EEG Thechnology, 3rd ed. Butterworths, London, 1980.
 [2] Peter K. H. Wang, Introduction to Brain Topography, Plenum Press, NewYork, 1991.
 [3] Konard Maurer, Thomas Dierlas, Artlas of Brain Mapping, Springer-Verlag, 1991.
 [4] E .Niedermeyer and F. Lopes Da Silva,

Electroencephalography : Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields, 3rd ed., Williams & Wilkins, 1993
 [5] C.B. Ahn, T.Y. Lee, J.H. Woo, S.H. Lee, "Application of Neural Network to Automatic Artifact Detection in Computerized EEG Neuro-Functional Mapping System," Proceeding of ICONIP '94, 1994

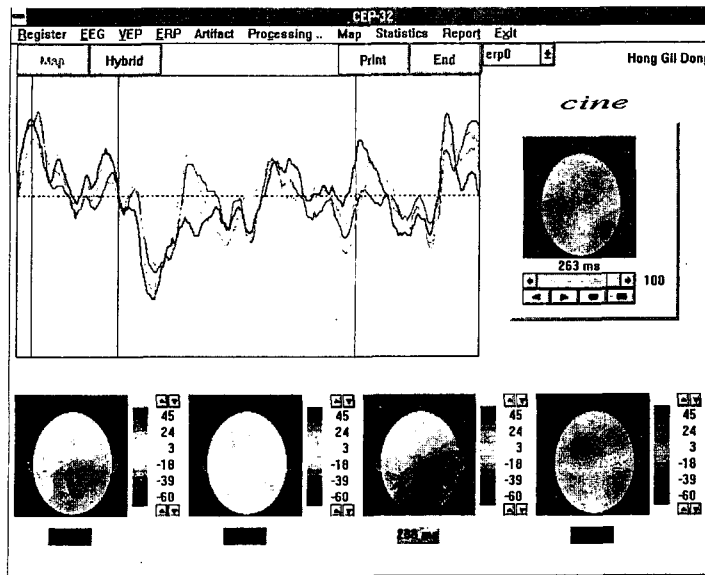


그림 1 Evoked Potential 디스플레이 화면

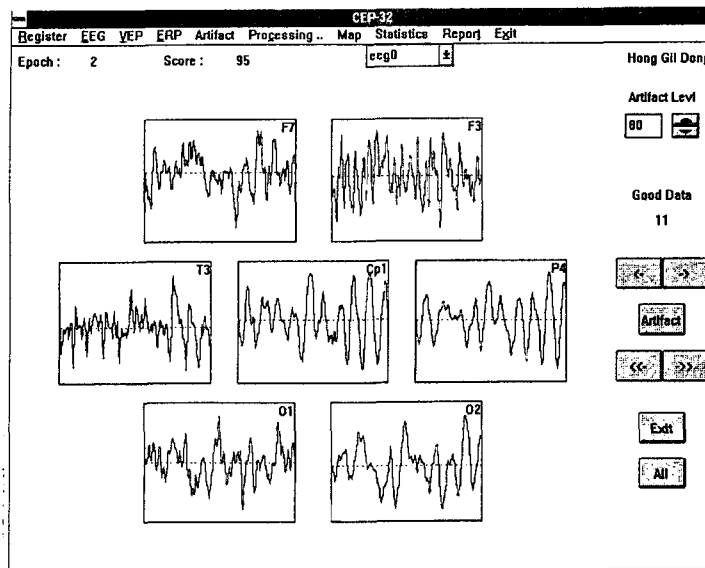


그림 2 Artifact 처리 화면