뇌파 및 Evoke potential을 이용한 실시간 Brain mapping system

조상흠*, 김판기*, 박수경*, 김지은*, 송은**, 강만희**, 안창범*
*광운대학교 전기공학과 신호처리연구실,
**인터메드

Real-time brain mapping system using EEG and evoke potential

Sang-Heum Cho*, Pan-Ki Kim*, Sue-Kyoung Park*, Ji-eun Kim*, Eun Song**, Mahn-Hee Kang**, Chang-Beom Ahn*
*Signal Processing Laboratory, Electrical Engineering Department, Kwangwoon University
**Intermed Co.

Abstract - 뇌 활동의 전기적 신호인 뇌파(EEG)와 외부 자극에 대한 유발 전위(EP)를 측정하여 실시간으로 뇌지형도를 생성하는 real-time brain mapping system을 개발하였다. 측정 전극은 32채널을 사용하였고, EEG를 실시간 및 누적 주파수 분석을 통한 뇌파의 활성도 진단, EP를 측정하여 시각적/청각적 자극에 의한 유발 전위 분석을 할 수 있다. 본 시스템은 측정 대상군의 통계적 분석을 위한 Database를 구축하였고, 신뢰성 높은 뇌파 및 유발 전위 신호를 위하여 실시간 측정과정 및 측정 후 Data 검토과정에서 다양한 Artifact 제거 알고리즘이 도입되었다. 또한, 32 채널 Brain map을 구성하여 뇌파를 공간적으로 분석 가능하며, 시간 및 주파수의 증가에 따라 Brain map을 동영상화하여 시간적/주파수적 변화에 따른 분석이 가능하다.

1. 서 론

뇌파는 신경계에서 뇌신경 사이에 신호가 전달될 때 생기는 전기의 흐름이며, 이는 심신의 상태에 따라 각각 다르게 나타나고, 뇌의 시간적/공간적 활동 상황을 측정하는 가장 중요한 지표이다. 진단에 유효한 양질의 뇌파의 주파수는 전체적으로 약 1~50Hz의 대역폭을 가지고, 뇌파의 진폭은 약 10~200uV의 진폭을 가진다. 또한, 주파수 대역폭에 따라 델타파(0.2~3.99Hz), 세타파(4~7.99Hz), 알파파(8Hz~12.99Hz), 베타파(13~30Hz)로 분류된다.

유발전위는 외부 자극에 대해 Brain이 받아들이는 일종의 전기적인 표현이다. 뇌 유발전위는 자극하는 신경계 부위에 따라 시각 유발전위(VEP), 뇌간 청각 유발전위(AEP)으로 나눈다. 유발전위는 각각의 유발전위 파형이 제대로 유발 형성되는지 여부와 유발된다 하더라도 자극 후 유발 특정파형이 나타나는데 걸리는 시간이 지연 되었는지 여부를 판단 할 수 있는 각각의 감각기관계의 신경 생리학적 이상 유무를 진단하는 중요한 파라미터이다.

본 연구에서는 뇌파와 유발전위를 이용한 뇌 의학적 진단을 위하여 32채널에서 획득된 뇌파를 빠른 프로세싱 처리와 보간법을 통한 Real-time brain map을 구성하고, 다양한 방법으로 분석하여 디스플레이 하는 32채널 Brain mapping system을 개발하고자 한다.

뇌에서 발생하는 전기 신호에는 뇌파뿐만 아니라 눈의 움직임에 의한 전기신호(EOG)와 전력선에서 유기되는 60Hz 전원 Noise 등 uV단위의 뇌파를 훼손시키는 신호가 함께 나타난다. Artifact 성분을 제거하기 위하여 Base line correction, linear detrend, 60Hz Notch filtering을 사용하였고, 신뢰성 높은 양질의 뇌파를 신경회로망으로 평가하여 검사자의 진단에 도움을 주고자 한다.

2. Real-time Brain mapping system

Brain mapping system은 크게 뇌파 측정 센서, Data acquisition block, 사용자 인터페이스 프로그램으로 구성하였다.

2.1 Hardware

2.1.1 뇌파 측정 센서

뇌파 측정 센서는 32개의 Ag-AgCl 표면 전극으로 구성된 뇌파 측정용 Cap을 사용하였다. 하나의 기준점에 대하여 32채널의 전위를 측정(Single-end mode)하였다.

<그림 1> 10-20 시스템 전극 센서 배치도와 임상 착용 사진

측정 전극 배치는 국제 뇌파 및 임상 뇌대사 학회 연맹에서 추천하는 10-20 시스템을 적용하였다. 그림 1.에서 10-20시스템은 피검자의 두뇌 전체에 골고루 배치되어 있는 특징을 확인 할 수 있다.

2.1.2 Data acquisition block

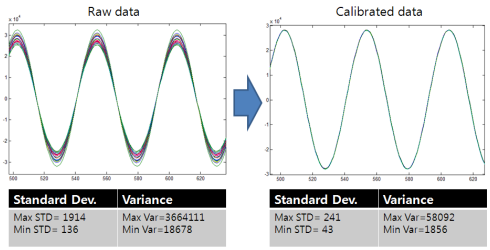
뇌파의 진폭은 약 10~200uV의 진폭을 가진다. 이와 같이 미세한 전기적 신호를 컴퓨터로 분석하기 위하여 증폭단을 설계하였다. 증폭단은 전단 증폭기와 주 증폭기로 구성하였다.

전단 증폭기에서는 uV단위의 뇌파를 1000배 증폭을 하며, 전극의 영향을 줄이기 위한 임피던스 변환기, 차동 증폭기, 누설 전류가 발생하였을 시, 피검자의 안전을 위한 분리 증폭기(채널당 Max. 0.3 uA)로 구성하였다. 전단 증폭기의 모든 전원은 DC-DC converter를 사용하여 피검자의 안전을 위해 주전원과 분리 전원을 분리시켰다.

주 증폭기에서는 전단 증폭기의 출력인 1mV~200mV의 크기를 갖는 뇌파신호를 후처리한다. 이는 전력선에 의한 잔류잡음을 제거하기 위한 60Hz Notch Filter, 전단 증폭기에서 발생한 직류옵셋 전압을 제거하기 위한 Band-pass Filter로 구성하였다.

증폭단의 출력을 컴퓨터에 입력을 하기 위하여, National instruments 社의 NI 6224 Data acquisition 보드를 사용하였다.

진단에 유효한 양질의 뇌파의 주파수는 전체적으로 약 1~50Hz의 대역폭을 가진다. 뇌파는 Nyquist Sampling theorem에 위배되지 않는 256Hz, 시각 자극에 따른 유발 전위(VEP)는 796Hz, 청각 자극에 따른 유발 전위(AEP)는 376Hz로 Sampling하였다.

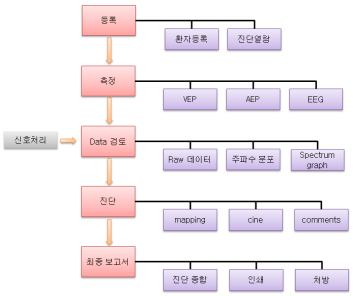


<그림 2> 32채널 증폭기 성능 평가 및 보정

그림 2.는 각 채널의 증폭기의 이득을 보정하고, 증폭기의 성능을 측정하기 위하여 각 채널의 입력을 동일하게 10Hz 정현파를 입력하여 시험한 결과이다.

2.2 Software

Brain mapping system software는 Visual C++ MFC로 구현하였다. 그림 3.과 같이 등록, 측정, Data 검토, 진단, 최종보고서 모드로 구성하였다.



<그림 3> Brain mapping System software 블록도

2.2.1 Database 구축

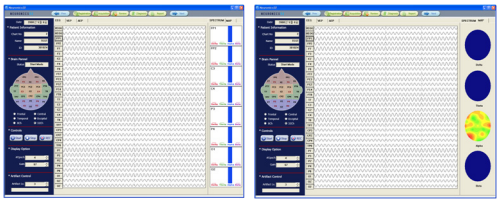
환자의 증상 및 진단결과에 따라 Group을 생성하고, 각 Group의 뇌파 특성과 비교할 수 있는 기능이 있다. 정상인 Group의 통계적인 Brain map을 기준으로 설정하였다.

2.2.2 측정모드

최대 32채널을 화면에 실시간으로 표시 할 수 있으며, 측정 모드(EEG, VEP, AEP) 및 관심 부위(Frontal, Central, Temporal, Occipital)에 포커스를 두어 8채널씩 표시도 가능하다.

실시간으로 FFT를 수행하여, 각 뇌파 주파수 대역에 따른 Spectrum 및 Brain map을 실시간 분석이 가능하다. 이는, 시간의 흐름에 따른 환자의 상태 변화를 측정할 수 있는 기능을 제공한다.

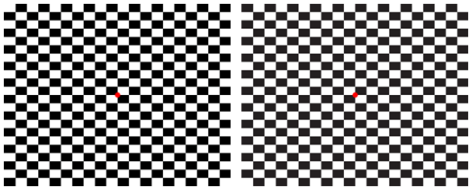
환자의 움직임에 의해 신호 파형 점차 증/감소하는 잡음과 offset 잡음, 전력선에서 유기되는 60Hz 주파수 잡음을 제거하기 위해 Baseline correction, linear detrend, 60Hz Notch digital-filter를 구현하여 잡음을 제거하였다. 또한, 뇌파의 진폭 범위보다 큰 전위를 가지는 신호가 생기면 Artifact로 간주하며, 측정 시, 전극의 접촉이 불안정하여 잡음이 생긴 전극을 Artifact로 간주한다. 또한, 환자의 눈깜박임을 EOG based artifact rejection 알고리즘으로 제거한다. Artifact로 간주된 Data는 processing에서 배제하였다.



<그림 4> 실시간 Raw data, Spectrum 및 Brain map Display

그림4.는 모든 채널에 10Hz 정현파 시험 파형을 입력한 결과이다. 이는 Alpha파 대역이며, 시험의 주파수를 3Hz, 6Hz, 15Hz로 단계적으로 변화한 결과, 각 뇌파 대역에 맞는 Spectrum과 Brain map이 실시간으로 변화함을 확인하였다.

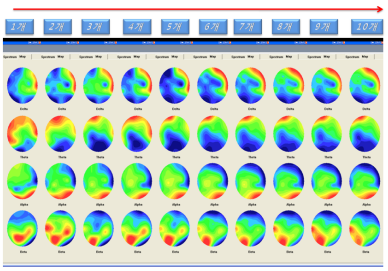
유발 전위 측정을 위하여, 외부에서의 자극은 시각 자극과 청각 자극이 있다. 본 시스템에서의 시작 자극은 그림 5.의 흑백격자무늬(1.5x2cm)의 반복 변화(500msec)를 사용하였다. 청각 자극은 주파수가 각각 740Hz, 1480Hz의 다른 소리를 60msec 동안 4:1의 비율로 무작위적으로 듣게 하며 1480Hz의 소리(높은 음)을 인지하도록 한다. 이는 자율 유도된 전위와 자극에 의해 유발된 전위를 구별하기 위해서이다.



<그림 5> 시각 유발 자극 화면

2.2.3 측정된 데이터 검토 모드

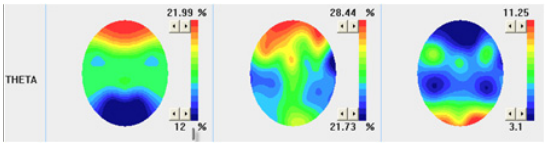
측정된 뇌파 및 유발전위 파형을 검사하기 위한 모드이다. 측정 중에 생겨난 잡음을 수동적으로 제거할 수 있다. Power specturm 분석기능은 정상인 Group의 표준 data범위를 파스텔톤의 영역으로 표시하여 환자의 각 전극에서의 power spectrum과 비교 분석 가능하다. 또한, 화면에 표시되는 양질의 뇌파 신호만을 이용하여 분석할 수 있다. 이는 Epoch 구간과 점수 임계값 변화, 전문가의 판단에 따른 양질의 Data 선별, 시간의 흐름에 따라 Brain map의 변화 분석이 가능하다.



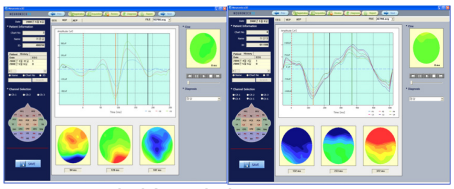
<그림 6> 시간의 흐름에 따른 Brain map의 변화추세

2.2.4 진단 모드

그림 7에서와 같이, 뇌파 진단은 Delta, Theta, Alpha, Beta의 4대역에 따른 Spectrum의 절대값에 비례하는 Intensity map과 각대역의 상대적 크기를 백분율로 나타내는 Relative map과 개인 map 내부에서의 평균, 표준편차와 정상Group의 통계적인 map간의 차이를 나타내는 z-map으로 분석할 수 있다.



<그림 7> 정상 Group, 개인 Brain map, z-map



<그림 8> VEP(좌)/AEP(우) Graph and Brain map

그림8.은 정상인의 VEP와 AEP를 측정한 결과이다. VEP 자극에 대한 유발 전위는 대체로 90~110msec에 후두부에서 가장 우세한 전위 Positive potential(P100)이 발생한다. AEP 자극에 대한 유발 전위는 90~130msec 사이에 Negative potential(N100)과 280~360msec 사이에 Positive potential(P300)이 형성된다.

3. 결 론

뇌 활동의 전기적 신호인 뇌파와 외부 자극에 대한 유발 전위를 측정하여 실시간으로 뇌지형도를 생성하는 뇌파 및 뇌유발전위 진단 시스템을 개발하였다. 뇌파 및 뇌유발전위 진단 시스템은 32채널 전극을 사용하였고, EEG를 실시간 및 누적 주파수 분석을 통한 뇌파의 활성도 진단, EP를 측정하여 시각적/청각적 자극에 의한 유발 전위 분석을 할 수 있다. 본 시스템은 측정 대상군의 통계적 분석을 위한 Database를 구축하였고, 신뢰성 높은 뇌파 및 유발 전위 신호를 위하여 실시간 측정과정 및 측정 후 Data 검토과정에서 다양한 Artifact 제거 알고리즘이 도입되었다. 또한, 32 채널 뇌지형도를 구성하여 뇌파를 공간적으로 분석 가능하며, 시간 및 주파수의 증가에 따라 뇌지형도를 동영상화하여 시간적/주파수적 변화에 따른 분석이 가능하다. 이를 통한, 각종 뇌 의학적 병증에 대한 검진이 용이하다.

[참 고 문 헌]

[1] 안창범, 박대준, 유선국, 이성훈, 함윤정, "32채널 뇌파 및 뇌 유발전위 Mapping 시스템," 의공학회지 17권 2호, pp. 179 - 187, 1996

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 시행하는 산학협력실사업의 지원을 받았음.