

# 시청각자극후의 피험자의 자의적 반응시간의 자동계측과 유발뇌파분석을 위한 동기신호의 생성

김철승, 엄광문, 손진훈\*

건국대학교 의과대학 의학공학부, \*충남대학교 심리학과

## Automatic measurement of voluntary reaction time after audio-visual stimulation and generation of synchronization signals for the analysis of evoked EEG

Chul-Seung Kim, Gwang-Moon Eom, Jin-Hun Sohn\*

School of biomedical engineering, Konkuk University

\*Department of Psychology, Chungnam National University

**요약:** 근래에 들어 질병으로 인하여 의사표현이 곤란한 환자에게 뇌파에 기초한 BCI (Brain Computer Interface)와 같은 새로운 인터페이스를 제공하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. BCI를 위한 기초 연구로서 특정 자극에 대해 유발되는 뇌파의 측정과 분석은 BCI를 위한 뇌파의 패턴과 인터페이스의 설계에 중요한 역할을 한다. 이 연구의 목적은 시청각 자극 인가후 피험자의 반응 시간을 측정하는 시스템을 EEG와 같은 생체 신호 계측 시스템과 연동이 가능한 형태로 개발하는 것이다. 제안된 시스템은 기능적으로 자극신호 발생부, 반응시간 측정부, 유발 뇌파 측정부, 동기신호발생부로 나뉘어진다. 자극신호 발생부는 실험에 이용되는 자극신호를 제작하는 부분으로서 Flash를 사용하여 구현하였다. 반응시간 측정부는 문제에 대한 답 선택 요청 시각으로부터 피험자의 반응까지의 시간을 측정하는 부분으로서 마이크로컴퓨터 (80C31)를 이용하여 구현하였다. 유발뇌파 측정부는 시판용 하드웨어와 소프트웨어를 그대로 사용하였다. 동기신호 발생부는 전체 시스템의 동기를 맞추기 위한 신호를 발생하는 부분으로서 문제제시, 답요구와 동기화 화면상의 명암신호와 이를 검출하는 광센서로 구성하였다. 본 논문에서 제시한 방법에서는, 기존의 유발전위 측정 및 자극시스템에 특정 모듈(반응시간 측정 장치, 동기신호 발생 장치)만을 추가하여 실험자의 의도에 맞는 시스템을 설계할 수 있어 유발 뇌파 및 반응시간의 측정을 필요로 하는 연구를 가속화 할 것이 기대된다.

Key word : Reaction time, evoked potential, synchronization signal, brain computer interface

### 1. 서론

임상에서는 뇌파가 치매나 간질 등의 질환을 진단하고 바이오피드백을 통한 치유 등과 같이 폭넓게 사용되어 왔으며 현대에 이르러서는 정서 측정 및 인지과정을 측정하기 위한 도구로서 확대 사용되기 시작했다[1]. 인지 과정에서 가장 간단한 의사 표시는 양분법적 판단으로서 여기에는 둘 중의 하나를 선택하는 긍

/부정이나 일치/불일치 (match/mismatch)의 판단 등이 있다. 양분법적 판단 및 상하좌우의 판단을 이용하여 최근 BCI (Brain-Computer Interface)을 구현하고자 하는 연구가 진행되고 있다[2]. Brain/spinal cord injury, amyotrophic lateral sclerosis, brainstem stroke, cerebral palsy등 수많은 질병으로 인하여 근육을 제어할 수 없었던 많은 환자들은 BCI를 사용하여 자신의 의사 표시를 할 수 있

을 것이 기대 된다.

BCI에 대한 기초 연구로서 특정 자극에 대해 유발되는 뇌파를 측정하는 것은 매우 중요하며, 이를 통해 BCI를 위한 뇌파의 패턴과 인터페이스를 설계할 수 있을 것이다. 이를 위해서는, 뇌파의 분석 과정에서 특정 자극에 대한 뇌파의 범위의 구분이 매우 객관적이고 정확하게 이루어져야 한다. 뇌파의 분석시에 주파수 영역의 특성을 이용하는 것이 긍정과 부정과 같은 상이한 결과를 분석하는데 효과적인데[3], 주파수 분석을 위해서는 변환 영역을 시간적으로 구분하는 작업이 필요하다. 만약, 답선택 요구시각과 피험자의 반응시각에 대한 동기 신호를 얻을 수 있다면 시간 영역별 구분이 매우 용이하게 된다. 또한 피험자의 반응 시간 (답요구로부터 응답까지의)을 측정할 수 있다면 문항별 반응시간의 추이를 분석함으로써, 각 문항에 따른 뇌에서의 신호처리 과정을 유추할 수도 있을 것이다. 따라서, 유발뇌파의 해석에 있어서 반응시간의 측정 및 동기는 매우 중요하며, 우리는 유발 뇌파의 측정, 피험자 반응에 대한 동기신호의 발생 및 반응시간의 측정을 통합하는 시스템의 개발을 목적으로 한다.

동기신호와 자극신호를 발생하고 생체 신호 및 반응시간을 측정하는 일련의 작업을 하나의 프로그램에서 처리하면 모든 작업이 일원화 되어서 사용하기 편하고 시스템이 간단해 진다는 장점이 있다. 그러나 일원화된 시스템은 개발 시간이 길고 프로그래밍 전문가가 필요하다. 또한 실험자의 의도대로 프로그램으로 구현하기 위하여 프로그래머와 실험자의 빈번한 의견교환이 필요하다. 즉, 자극을 수정 또는 추가할 경우 프로그래머에게 요청해야 하고 수정한 프로그램을 확인하기 위하여 실험자가 예비 실험을 해야 한다. 또한 하나의 PC에서 작업을 수행하므로 이에 따르는 여러 가지 단점이 있다. 즉, 여러 가지 작업을 동시에 처리해야 하므로 처리 속도가 빠른 PC가 필요하고, 순차적 작업 처리로 인하여 시간 지연 문제가 발생할 수가 있으며, 실험공간으로부터 모든 데이터를 측정 장소로 전달하기 위하여 배선이 복잡해진다.

위의 문제들을 해결하기 위해서 우리는 자극 프로그램의 작성 및 수정이 용이하고, 실험 설계와 구현 기간을 단축시킬 수 있으며, 간단한 장치의 추가만으로 기존의 유발 뇌파 측정 장치에 동기 신호를 전송하며 반응 시간의 계측도 달성할 수 있는 시스템을 구현하고자 한다. 구체적으로는 자극 신호발생, 반응시간 계측, 유발전위 계측을 각각 독립적인 장치에

서 수행하도록 하고, 각 모듈간의 동기화를 위한 동기신호 발생 모듈을 추가하였다. 이 방법에서는, 각각의 작업을 분리하여 저사양 PC를 이용하여도 원하는 작업이 가능하다.

독립적으로 작동하는 세가지 장치의 동기를 맞추는 것은 반응시간을 측정하고 데이터를 분석하기 위해 중요하다. 동기를 맞추기 위하여 각 자극과 동일한 시각에 명암 신호를 동일 화면에 제시하고 이를 광센서가 감지하여 반응시간 측정 장치 및 유발 전위 계측장치가 인지하도록 하였다. 반응시간 계측이 독립적으로 이루어지므로, 자극신호 발생, 유발전위 계측은 상용제품을 사용하여 실험준비 및 결과 분석의 기간을 단축시켰다. 자극 신호는 상용 프로그램인 Flash를 사용하여 제작되었는데, Flash를 사용하면 프로그램에 능통하지 못한 실험자도 자극 신호를 직접 작성하고 실험장에서 필요에 따라서 수정할 수 있다.

## 2. 방법

### 2.1 전체 시스템의 구성

전체 시스템은 그림 1과 같이 기능적으로 자극신호 발생, 반응시간 측정, 유발뇌파측정, 동기신호발생 부분으로 나눌 수 있다. 자극신호 발생 부분은 시청각 자극신호를 피험자에게 제시하는 부분으로서 Flash를 사용하여 구현하였다. 반응시간 측정부분은 답선택 요구신호로부터 피험자의 반응까지의 경과 시간을 측정하는 부분으로서 마이크로컨트롤러(80C31)를 이용하여 구현하였다. 유발뇌파 측정 부분은 EEG를 측정하는 부분으로서 시판되는 제품을 사용하였다. 동기신호 발생 부분은 전체 시스템의 동기를 맞추기 위한 동기신호를 발생하는 부분이다.

반응시간 측정 장치에서 자극의 트리거를 자극신호 발생장치에 인가하여 자극을 시작하도록 할 수도 있으나, 자극신호 발생장치의 독립성이 저하되고 자극용 상용프로그램의 사용이 어려우며, 역으로 자극용 프로그램을 자체 제작하여 동기 신호를 반응시간 측정 장치에 전송할 경우 시작신호의 전송 및 처리에서의 시간지연으로 정확한 반응시간을 측정하는 것이 불가능하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 자극 화면상의 명암신호와 이를 검출하는 광센서를 사용하여 화면에 문제가 실지로 나타나는 시각을 측정하여 동기신호를 발생하였다. 이 동기 신호를 이용하여 반응시간 측정 장치가 반응시간을 측정하고 또한 이 동기신호를 동시에 유발전위 측정시스템에도 전송하

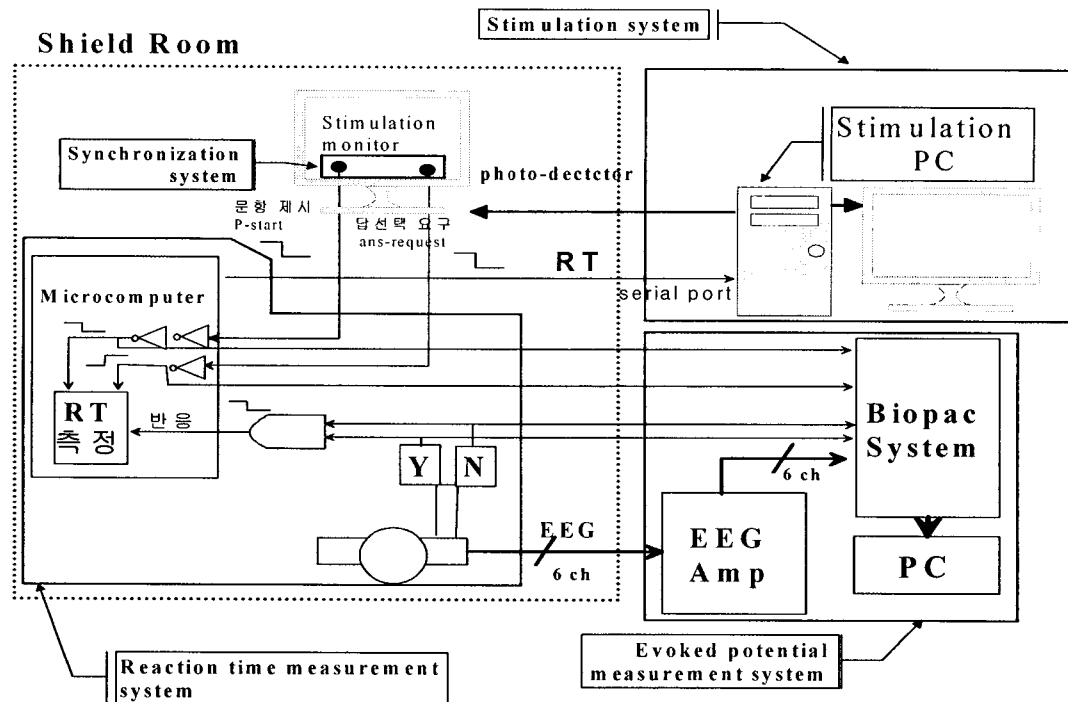


그림 1. 전체 시스템 개요도

여 유발전위 데이터 분석을 용이하게 하였다. 피험자의 반응신호는 반응시간측정장치와 유발전위측정장치에 동시에 인가하였다. 반응시간 측정 장치에서는 반응신호의 종류(Yes/No)가 중요한 요소가 아니기 때문에 OR 게이트를 사용하여 신호의 유무만을 인가하였다. 그러나 유발 전위 측정 장치는 반응신호의 Yes/No의 정보도 인가하여 정/오답에 따른 해석을 가능하게 하였다. 계산된 반응시간은 실험 중에 on-line으로 데이터가 시리얼 통신을 사용하여 자극신호 발생장치에 전송 및 저장된다.

## 2.2 자극신호 발생장치

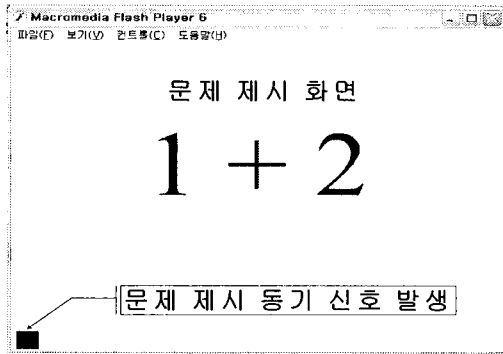
이 실험에서 사용되어진 자극의 종류는 시각, 청각, 시청각 자극이 있다. 자극 문항의 추가와 수정을 쉽게 하고 자극 신호 포맷의 다양성을 고려하여 Macromedia사의 Flash를 사용하여 제작하였다. Flash를 사용하면 프로그램에 능통하지 못한 실험자도 자극 신호를 직접 작성하고 실험 현장에서 필요에 따라서 수정할 수 있다. Flash는 멀티미디어 파일을 작은 사이즈로 제작할 수 있고, 정지 화상뿐만 아니라 동영상도 제작할 수 있으며, 대화식 환경을 구축할 수가 있어 실험자의 실험 제어가 쉽다. Flash를 이용하여 제작한 파일은 프레임(frame)형태로 되어있어서 시간제어 하는 것

또한 편하다. 우리는 120 frame/minute의 속도로 고정시켜놓고 문항을 제작하였다.

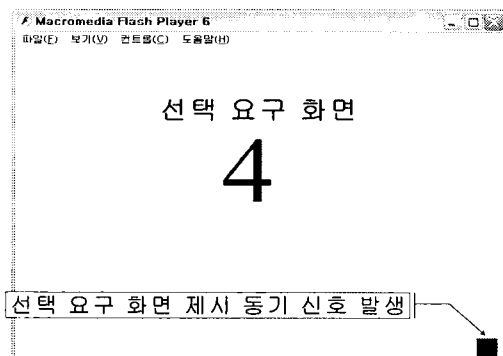
문항의 종류에는 공부정 문항으로 의미 기억 과제 (덧셈과제)와 일화 기억과제 (도형과제)가 있으며, 위치 연상 과제로는 상하 좌우 이동 문제가 있다. 공부정 문항중 의미 기억 과제는 간단한 덧셈 과제로써 이루어지며 이에 해당하는 답을 제시하였을 때 옳고 그름을 판단하는 문제이다. 일화 기억 과제란 주어진 도형이 이전에 주어진 도형과 일치 하는지를 판단하는 문제이다. 위치 연상과제는 커서를 상하 좌우로 이동시키면서 유발되는 뇌파를 측정하는 문제이다. 실험자는 모니터 분배기를 이용하여 피험자의 자극화면과 동일한 화면을 시청하고 제어 할 수 있도록 하였다.

## 2.3 동기신호발생장치

문제 화면에 검은 사각형을 삽입하여 이 사각형의 명암이 문제 제시 시각과 선택요구 화면 제시 시각에 동기하여 변화하도록 자극용 Flash를 구성하였다. 모니터 하단부에 부착된 photo-diode가 화면의 검은 사각형의 명암을 감지하여 이를 전기 신호로 바꾼다. 따라서, 어떠한 종류의 자극을 사용하더라도 화면에 실지로 나타나는 자극제시시각과 동기한 신호를 얻는 것이 보장된다.



(a) 문제 제시 화면



(b) 선택 요구 화면

그림 2. Flash로 작성한 긍부정 문항

그림 2에서 보는 바와 같이 왼쪽 화면은 문제 제시 화면이다. 문제의 시작과 동시에 왼쪽 하단에 검은 네모가 생성되고 이 신호를 photo-diode가 감지하여 신호를 생성한다. 그리고 오른쪽 화면은 선택요구 화면으로써 화면이 나타나면 오른쪽 하단에 검은 네모가 생성되고 photo-diode가 감지한다. 이 신호는 마이크로컴퓨터와 Biopac System에 전달되어진다. 본 자극 화면은 Flash를 사용하여 제작하였기 때문에 신호의 생성 시간 및 생성 위치는 실험자의 요구에 맞게 조절할 수 있다.

## 2.4 반응시간 측정 장치

반응 시간은 마이크로컴퓨터 (8031)를 사용하여 측정하였다. PC용 마우스를 개조한 버튼을 이용하여 피험자의 반응신호를 측정하였다. 피험자의 반응은 마우스의 오른쪽/왼쪽 버튼을 이용하여 왼쪽은 긍정을 오른쪽은 부정신호로 이용하였다. 반응 신호는 마이크로컴퓨터와 Biopac System에 전달되어진다. 답 선택 요구 화면이 시작된 후부터 피험자가 반응 할 때까지의 시간을 측정하기 위하여 다음과 같은 과정을 이용하였다.

마이크로컴퓨터는 문항 제시 시작 신호가 인가되면 초기화 된다. 동기신호발생장치에 의하여 생성된 답선택 요구화면의 시작신호가 검출되면 마이크로컴퓨터가 0.1msec단위로 시간 계산을 시작한다. 피험자가 응답용 Y/N 버튼을 누르면 계산이 중지되고 계산된 값 (반응시간)이 자극용 PC에 전달되어진다.

그림 3과 같이 마이크로컴퓨터로부터 반응 시간을 전송받기 위한 Visual Basic을 사용하여 시리얼 통신 프로그램을 제작하였다. 이 프로그램은 편의상 자극용 PC에 설치하였다. 실험이 종료되면 각 자극에 대한 반응시간이 text 파일 format으로 저장된다. 실험자는 이 데이터를 바탕으로 반응시간을 확인할 수 있고 피험자가 반응신호를 보내지 않은 문제도 확인할 수 있다.

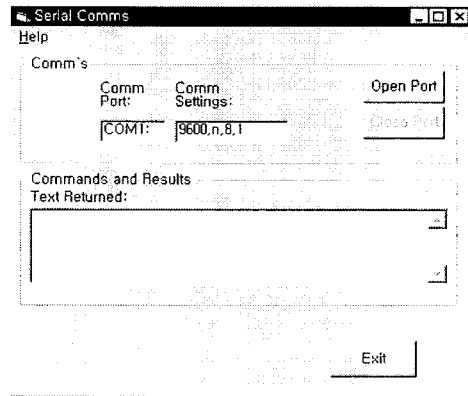


그림 3. Serial Communication Program

## 2.5 유발뇌파측정장치

뇌파 측정은 Grass 사의 Neurodata Acquisition System(model 12)과 Biopac Systems Inc.에서 제작한 MP 100 WS를 사용하였다. 뇌파 입력 및 분석은 MP100 WS의 software부분인 AcqKnowledge(Version 3.2)를 사용하였다. 전극 부착위치는 Jasper (1958)에 의해 발표된 International 10/20 electrode system에 의해 선정되었다[1]. 전극 부착 위치는 컷볼(A1, A2)을 기준으로 하여 F3, F4, O1, O2, PF1, PF2 부위이고 단극유도법으로 뇌파를 측정하였다. 그리고 우측 눈 아래 EOG 측정을 위한 전극을 부착하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 4는 Biopac system에서 보이는 측정 화면이다. 위로부터 6채널 (F3, F4, O1, O2,

PF1, PF2)의 EEG data와 1채널의 EOG (Electrooculogram), 2채널의 동기신호 및 2채널의 피험자 반응 신호 (위로부터 Yes, No)가 계측되고 있는 것을 알 수 있다. 동기신호 발생장치에서는 문항이 시작되면 0.5초간의 active high pulse를 발생하고 답선택 요구 화면이 시작되면 0.5초간의 active low pulse를 발생하고 있는 것을 알 수 있다. 위의 두 가지

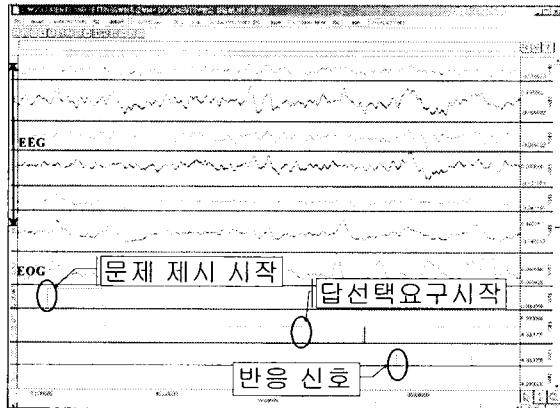


그림 4. 유발 전위계측용 PC의 모니터 화면

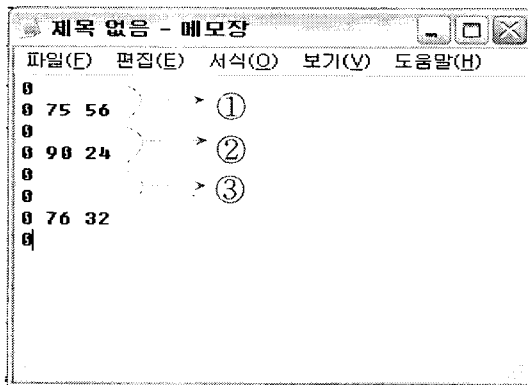


그림 5. 반응시간 측정 data

동기신호 외에도 피험자의 반응의 시작과 반응의 Y/N의 정보 또한 유발 뇌파의 분석에 매우 중요한 요소이다. 이 Y/N 눌림 신호는 모두 active low로 구성하였으며 그림 4에서는 답선택 요구 화면이 제시된 후 약 0.75초 후에 Y의 버튼이 눌러진 것을 알 수 있다. 그림 5는 실험 종료 후에 저장된 반응시간 data file을 메모장에서 본 화면이다. 0을 사용하여 문제를 구분하였고 0이 두 번 반복된 것은 피험자가 반응을 하지 않은 것이다(그림 5의 ③). 측정 단위는 0.1msec이고 그림 5의 ①에서는 반응시간이 0.7556sec, ②에서는 0.9024sec라는 것을 알 수 있다.

여기에서 제안하는 시스템은 기존의 유발전위 측정 및 자극시스템에 특정 모듈(반응시간 측정 장치, 동기신호 발생장치)만을 첨가하여 실험자의 의도에 맞는 시스템을 설계하는데 목적을 두었다. 실험 환경에 영향을 받지 않고 저비용으로 원하는 기능을 첨가하였다. 실험자는 자신이 사용해왔던 환경에서 실험을 할 수 있으며 간단한 수정에 의해 향후 다른 실험에도 응용할 수 있는 장점이 있다. 이와 같이 실험 조건을 실험자가 임의로 변경 할 수 있다면 더욱 다양한 실험을 계획할 수 있으며, 연구의 가속화를 꾀할 수 있을 것이 기대된다.

#### 참고 문헌

- [1] 박현영 (2000). 일화적/의미적 과제수행 성공/부정에 따른 뇌파의 차이, 석사 학위논문, 충남대학교
- [2] Nicola Neumann, Andrea Kubler, Jochen Kaiser, Thilo Hinterberger, Niels Birbaumer(2003). Conscious perception of brain state: mental strategies for brain-computer communication, *Neuropsychologia*, 41, 1028-1036
- [3] Jitendran Muthuswamy, Nitish V. Thankor(1998). Spectral analysis methods for neurological signals, *Neuroscience Methods*, 83, 1-14