

## Çalışma Raporu: P300 Tabanlı Beyin Bilgisayar Arayüzü Tasarımı

Bu projede, bir kullanıcının EEG sinyallerindeki uyarılmış potansiyelleri(p300) ayıklayarak bilgisayar ile iletişim kurmasını hedefliyoruz. p300 beyin bilgisayar arayüzü (BBA) fikri ilk olarak Farwell and Donchin (1988) tarafından ortaya atıldı. Bu projede bir kullanıcı içinde harfler ve numaraların olduğu 6 x 6 bir matrise bakıyor ve bu matristeki satır veya sütunlar sırayla yanıp sönüyordu. Kullanıcının yoğunlaştığı harfin içinde olduğu bir satır veya sütun aydınlatıldığında, bu durum daha sık sunulan standart uyarandan farklı olarak bir 'oddball' paradigma yaratıyor ve EEG sinyalinde p300 olarak adlandırdığımız, 300 ms sonra pozitif yönde bir artış meydana getiriyordu.



Resimde kullanılan uyarın üreticini görüyoruz, 3. satır aydınlatılmış halde. Kullanıcı, BEYİN kelimesini yazdırmak istediğinde, öncelikle B harfine yoğunlaşmalı ve beyin bilgisayar arayüzü 1. satır ve 2. sütun her aydınlatıldığında p300 uyarılmış potansiyelini ayırabilmelidir.

### Bir P300 BBA Oluşturmak

P300 beyin bilgisayar arayüzünü çeşitli bölümlerden oluşan bir sistem olarak düşünmeliyiz. Öncelikle bir uyarın üretici 6 x 6 matrisi oluşturarak yanıp sönme aralıklarını ayarlamalı, EEG sinyalleri kaydedilmeli ve p300 ayıklama algoritması kullanıcıya geri besleme yapacak şekilde çalışmalıdır. Burada, uyarınların üretilmesi ve EEG nin kaydedilmesi senkron bir şekilde olmalıdır çünkü zamanlama p300 tanıma açısından bu projede çok önemlidir. P300 bulmada 't' zamanı uyarının sunulduğu zaman olarak tanımlanırsa, 't + tw' zaman aralığı kullanılacaktır, 'tw' zamanı bizim projemizde p300 ün tüm özelliklerini net bir şekilde görebilmek için 700 ms olarak kullanılacaktır.

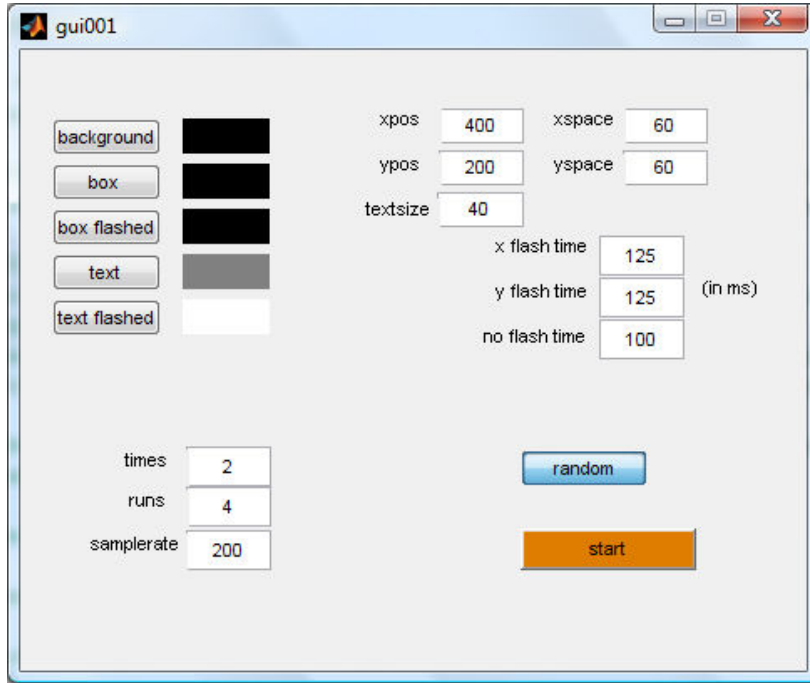
Önerdiğimiz sistem iki bilgisayardan oluşmaktadır, bir bilgisayar uyarın üretici olarak kullanılırken diğer bilgisayar EEG bilgisi toplayacaktır.

## EEG kayıt

EEG sinyallerinin kaydı için BIOPAC mp35 ekipmanı kullanılacak ve sinyallerin işlenmesi Matlab ile gerçekleştirilecektir. Uyarıların kolay üretilmesi ve kontrolü için bir kullanıcı arayüzü bulunmaktadır, bu arayüzden EEG kaydının örnekleme frekansı da ayarlanabilmektedir, EEG kaydı her bir harf için uyarılar üretilmeye başladığı anda başlayacaktır, bu da Biopac ekipmanın trigger özelliği kullanarak gerçekleştirilecektir.

## Uyarı Üretici

Bu projede uyarıları üretmek için zamanlama ve görsel açıdan kullanışlılığı ve etkinliği açısından Matlab'ın psychophysics toolbox'u tercih edilmiştir. Psychophysics toolbox ile satır ve sütunları aydınlatılabilecek şekilde 6 x 6 matris oluşturulmuştur. Bir kullanıcı arayüzü sayesinde bu matris ekranındaki tüm renkler ve zamanlamaları kontrol edebilmekteyiz.(harflerin rengi, aydınlatma rengi, aydınlatma zamanları vs..)



Yukarıdaki resimde kullanıcı arayüzünü görmekteyiz. Renkler, harf büyüklükleri, harf aralıkları, kaç hedef harf için uyarıların devam edeceği(runs), bir harf için kaç kez tüm satır ve sütunların yanıp söneceği(times), EEG kaydının örnekleme frekansı(samplerate) gibi kontroller bulunmaktadır. Random düğmesi ile satır ve sütunların yanıp sönmeleri rastgele düzenlenecektir.

## Sistemin işleyişi:

Daha önce de belirttiğimiz gibi, uyarıların üretilmesi ve EEG kaydının senkronizasyonu son derece önemli olduğundan bu projede 2 bilgisayar kullanmayı uygun bulduk. 1. bilgisayar uyarıların üretilmesi ve kullanıcının ekrana bakıyor olacağı bilgisayar iken, 2. bilgisayar, Biopac mp35'e bağlı olan ve EEG kayıt ve sinyallerin işlenmesinden sorumlu olan bilgisayar olacaktır.

1. Bilgisayarın kullanıcı arayüzünde 'start' düğmesine basıldığında 'times','runs','samplerate', 'x flash time','y flash time' ve 'no flash time' network üzerinden 2. bilgisayara aktarılmaktadır. 2. bilgisayar öncelikle her bir hedef harf için kaydedilecek sample sayısını hesaplar:

$$\text{kaydedilecek sample sayısı} = \text{times} * 6 * (\text{xflashtime} + \text{yflashtime} + 2 * \text{noflashtime}) * \text{samplerate} / 1000$$

Örneğin satır ve sütunlar 100 ms boyunca yansın ve 100 er ms sönük kalsınlar(x flash time = y flash time = no flash time = 100), bir harf için bütün satır ve sütunlar 3 kere yanıp sönsün(times = 3) ve sample rate 200 olsun. Böylece  $3 * 6 * (400) * 200 / 1000 = 1440$  sample kaydedilecektir, yani 7.2 saniye boyunca kayıt yapılmış olacaktır.

1. bilgisayarda uyarılar başlatıldığı anda, Biopac p35'e senkronizasyon için trigger gönderilmelidir. Biopac mp35'in her girişi trigger olarak ayarlanıp kullanılabilir, bunun için, 1. bilgisayarın ses çıkışından mp35'e trigger girişi sağlanacaktır. Böylece her harf için bir oturum düzenlendiğinde her seferinde trigger kullanılarak EEG kaydı ve uyarılar senkron bir şekilde ilerleyecektir. 1. bilgisayarın ses çıkışı için Psychsound adlı kütüphaneyi kullanıyoruz, bu şekilde ses kartına 5ms dan kısa sürelerde sinyal gönderebiliyoruz. Bu aşamada 'x ms' süresi kadar bir gecikme yaşansa bile, EEG kaydını 'x ms' sonra başlatarak bu sorunu çözebiliyoruz.

Bir harf için uyarılar bittiğinde, 'random' düğmesi sayesinde yaratılmış olan, uyarı bilgisi de 2. bilgisayara gönderiliyor. Bu uyarı bilgisi hangi satır ve sütunların hangi sırayla yanıp söndüğünü içeriyor ve 2. bilgisayar bu bilgileri kullanarak p300 cevaplarını tarayıp kullanıcının hangi harfe odaklandığını bulmaya çalışıyor.

### **P300 Ayıklama Algoritması**

Kendi kaydedeceğimiz datalardan önce, p300 üzerinde bilgi sahibi olmak ve etkili bir algoritma geliştirmek için BCI Competition III Challenge 2004 yarışmasının Wadsworth BCI Dataset (P300 Evoked Potentials) Data Acquired Using BCI2000's P3 Speller Paradigm dataset'i üzerinde çalışmalar yaptık.

Data'nın içeriği:

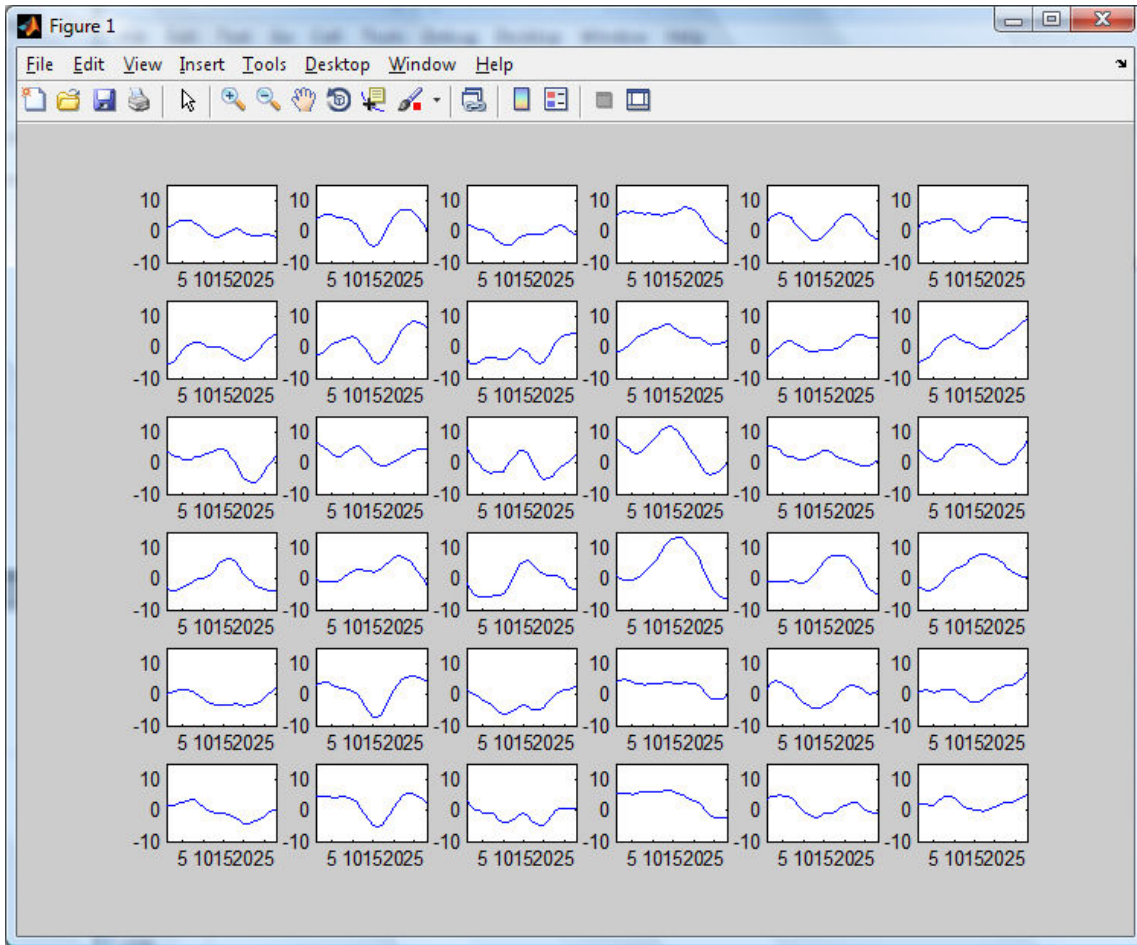
Kullanıcı, çeşitli karakterlerden oluşan 6'ya 6 bir matris'e bakıyor ve kendisine bildirilen bir harfe odaklanması söyleniyor. Tüm satır ve sütunlar gelişigüzel ve devamlı bir şekilde 5.7hz hızında aydınlatılıyor. Bu 12 aydınlatmadan 2 tanesi istenilen karakteri içeriyor (bir satır ve bir sütun). Bu seyrek uyarılar beyinde diğer sık uyarılardan değişik bir cevap yaratıyor p300 olarak adlandırılan cevaba benzerlik gösteriyor.(Farwell and Donchin, 1988, Donchin et al., 2000).

Sinyaller 0.1-60Hz arası bandpass şekilde filtrelenmiş ve 240Hz'de sayısal ortama aktarılmış olarak iki kişiden toplanıyor. Kullanıcıya öncelikle tüm karakterler aydınlatılmamış olarak 2.5 saniye gösteriliyor, sonra gelişigüzel olarak tüm satır ve sütunlar 100'er ms aydınlatılıyor ve 75'er ms söndürülüyor. 6 satır ve 6 sütun toplam 12 aydınlatmadan bir harf için 15 tekrar yapılıyor, sonuçta bir karakter için 180 aydınlatma yapılmış oluyor. Yarışma için, A ve B kişilerinden, training olarak 85'er, test olarak 100'er harf ve 64 kanal eeg kayıtları sunuluyor.

### Verilen data üzerinde çalışmalarımız

Yarışma için verilen data boyut olarak çok büyük ve karmaşık olduğu için öncelikle datayı temizlemekle uğraştık. p300'ün açıkça görüldüğü kanallardan biri olan Cz kanalı üzerinde çalışmayı uygun gördük. p300 dalgasının özelliklerini iyice algılamak ve inceleyebilmek için wavelet dekompozisyonu üzerinde çalıştık, çeşitli denemelerden sonra, db4 wavelet'inin 6,7 ve 8. detaylarının toplamının p300 değişimini açık bir şekilde ortaya çıkaran bir gösterim olduğuna karar verdik. Her karakter için 15 deneme yapıldığını göz önüne alırsak, bu 15 denemenin sonuçlarının ortalamalarını, her bir satır ve sütun için 0-700ms aralığında inceleyip bunları harf matrisi ile uyumlu bir şekilde çizdirdiğimizde bir sinyal matrisi elde edebiliyoruz:

A	B	C	D	E	F
G	H	I	J	K	L
M	N	O	P	Q	R
S	T	U	V	W	X
Y	Z	1	2	3	4
5	6	7	8	9	_



*karakter matrisi ve bir 'run' için sinyal ortalama matrisi*

Yukarıdaki şekilde, A kişinin test dataset'inde 4. harfi için('V' harfi) 0-700ms arası ortalama uyaran EEG cevaplarının 6,7, ve 8. wavelet detay toplamalarını görüyoruz. V harfi, karakter matrisinde 4.satır, 4. sütunda bulunuyor, sinyalleri incelediğimizde, 4. satır, 4. sütunda bulunan sinyalin 350 ms civarında diğer sinyallere oranla daha büyük bir artış gösterdiğini görebiliyoruz. Ancak, her zaman p300 bu kadar açık görülemiyor ve 300ms civarında artış gösteren diğer sinyaller kafa karıştırıcı olabiliyor ve sınıflandırmayı zorlaştırıyor.

Yaptığımız wavelet dekompozisyonu üzerinden çeşitli sınıflandırma teknikleri üzerinde çalıştık. Sinyal benzerliği kullanarak p300 tanıma üzerinde çalıştık, iki sinyal arasında çıkarma işlemi yaparak, her bir sample(örnek) için mutlak değerlerin toplamını aldığımızda bir benzerlik değeri oluşturduk. Örneğin, 10 örnekli iki sinyali ele alalım:

1. sinyal: 4 5 6 3 2 -1 -3 -4 -2 5

2. sinyal: 2 4 3 0 -2 -3 -2 -5 -2 2

benzerlik değeri:  $|4-2|+|5-4|+|6-3|+|3-0|+|2-(-2)|+|-1-(-3)|+|-3-(-2)|+|-4-(-5)|+|-2-(-2)|+|5-2|$   
= 20

Verilen dataset'te 85 training verisini kullanarak birbirine en çok benzeyen p300 dalgalarından modeller oluşturduk ve bu benzerlik algoritması ile 100 test sinyali üzerinde p300'leri ayıklamaya çalıştık. Tek kanal EEG datası kullanarak test verisinde yaklaşık %40'lık bir doğruluk oranı elde edebildik. Sınıflandırmada destek vektör makinesi kullansak ta tatmin edici sonuçlar elde edemedik, bunun nedeni p300 dalgalarının sadece wavelet dekompozisyonu kullanarak diğer dalgalardan tam olarak ayırlanamaması, bunun için bağımsız bileşen analizi gibi, çeşitli kaynaklardan gelen sinyalleri inceleyen algoritmalar kullanmayı düşünüyoruz.

## Yapılacak çalışmalar

Sunduğumuz sistemin uygulama kısmında, uyarıların üretimi, EEG kaydı ve iki bilgisayar arasında network iletişimi kısımları sorunsuz olarak çalışabilmektedir. Bu noktada tek eksiğimiz 1. bilgisayarın ses çıkışından Biopac mp35'e bir şekilde trigger giriş yapılmasıdır. Bu noktadan sonra çalışmalarımız p300 ve p300 olmayan sinyalleri ayırma üzerine yoğunlaşacaktır, bunu için destek vektör makineleri ve bağımsız bileşen analizleri kullanarak algoritmamızı geliştireceğiz. Senkronize veri toplama olanağı bulunduktan sonra kendi verilerimizi toplayarak, tek bir kanal üzerinden gerçek zamanlı bir p300 beyin bilgisayar arayüzü geliştirmeyi hedefliyoruz.