

Sanal Klavye Kontrolü İçin Beyin-Bilgisayar Arayüzü Tasarımı

Design of Brain-Computer Interface for Controlling A Virtual Keyboard

Delal KARAKUŞ, Özlem KARABİBER CURA, Bartu YEŞİLKAYA, Aydın AKAN
Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye
karakusdelal@gmail.com,
{ozlem.karabiber, bartu.yesilkaya, aydin.akan}@ikc.edu.tr

Özetçe— Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA), insan beyni ile dış bir cihaz arasındaki bağlantıyı sağlayan bir iletişim yoludur. Bu projede, farklı deneklerden alınan EEG verilerinden çıkarılan çeşitli öznitelikler kullanılarak BBA'nın kullanım alanlarından biri olan, basit olarak tasarlanmış sanal klavye kontrolü sağlanmaya çalışılmıştır. Sanal klavye Visual Studio'da oluşturulmuştur. 7 farklı gönüllüden kaydedilen EEG sinyalleri kullanılarak Matlab ortamında spektral öznitelikler elde edilmiştir. Bu öznitelikler kullanılarak harflerin seçilmesi için Matlab'ın bulanık mantık (Fuzzy Logic Designer) toolbox'ı kullanılmıştır. Harflerin seçilmesi sağlandığında, sanal klavye ile haberleştirilmesi amaçlandı. Sonuç olarak elde edilen öznitelikler kullanılarak bulanık mantık kuralları belirlenmiş ve rasgele girilen değerlere karşılık doğru seçimlerin gerçekleştiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler — *Beyin-Bilgisayar Arayüzü, EEG, Sanal Klavye*

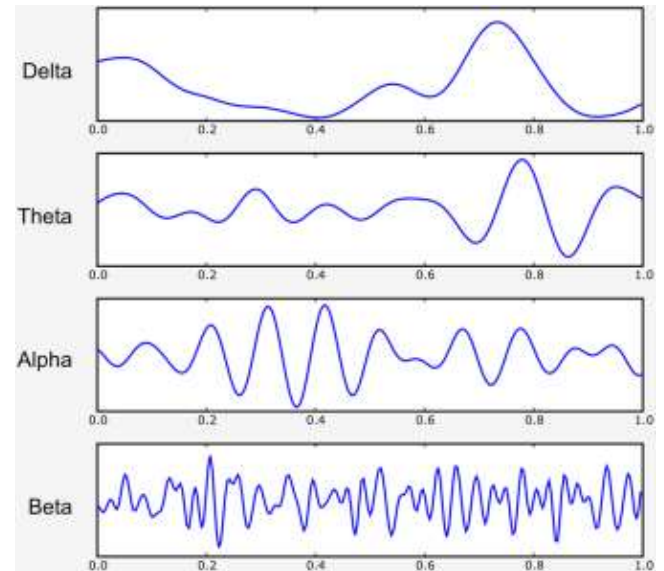
Abstract— The Brain Computer Interface (BCI) is a way of communication which linkage between the human brain and an external device. In this project, it was tried to obtain a related algorithm by taking the feature extraction of EEG data from different subjects and it was tried to provide a simple designed virtual keyboard control which is one of the usage areas of BCI. The virtual keyboard was created in Visual Studio. Spectral features were obtained in Matlab using EEG signals recorded from 7 different volunteers. In order to select the letters using these features, Matlab's fuzzy logic designer toolbox was used. When the letters were selected, it is aimed to communicate with the virtual keyboard. As a result, fuzzy logic rules were determined by using the obtained features and it was observed that the correct choices were made against the randomly entered values.

Keywords — *Brain-Computer Interface, EEG, Virtual Keyboard*

I. GİRİŞ

Hans Berger, tarafından nörolojik ve psikiyatrik tanı iyileştirme sağlanması amacıyla ilk kez kullanılmaya başlanan EEG (elektroensefalografi) sinyalleri, tıpta çeşitli hastalıkların tanısında kullanılmaktadır [1, 2, 3]. EEG, beyindeki elektriksel aktiviteyi ölçen ve beyni etkileyen birçok hastalığın erken tespiti ve daha iyi anlaşılması için kullanılan önemli bir araçtır. EEG sinyalleri, teknolojinin gelişimi ile birlikte birçok farklı alanda

kullanılmaktadır. Mekanik cihazların hareketi, bazı bilgisayar uygulamalarının kontrolü, sanal uygulamaların kontrolü mühendislere göre önemli bir ifade haline gelmiştir. Bu çalışmalar BBA (beyin-bilgisayar arayüzü) olarak yeni bir teknolojik prosedür ortaya çıkarmıştır. Beyin-Bilgisayar Arayüz yöntemi EEG ile ölçülen elektriksel aktiviteye ve bu aktivitenin yorumlanması temeline dayanmaktadır. Genellikle BBA, insanların bilişsel ya da duyuşsal motor fonksiyonlarına yardımcı olmak veya hasarlı kısımların düzeltilmesinde kullanılmaktadır [4, 5, 6, 7].



Şekil 1. Beyin dalgaları [8]

Bu projenin amacı, fiziksel olarak herhangi bir engeli bulunan hastalar için beyin sinyallerini kullanarak, ekran klavyesinde yazı yazmalarını sağlamaktır. Klavyenin eller kullanılmadan yazılmasının, kollarında ya da ellerinde bedensel engeli bulunan insanlar için yarar sağlayacağı düşünülmektedir. Beyin sinyalleri çok kanallı EEG sistemi ile kaydedilmiştir. Daha sonra

beyin-bilgisayar arayüzü kullanarak sanal klavye hareketinin sağlanması amaçlanmıştır. Fakat asıl amaç, bedensel engelliler için bilgisayar kullanımı kolaylığını sağlamak ve karşılıklı iletişimi kolaylaştırmaktır. Beyin sinyalleri çok kanallı EEG ile alınacaktır. Çalışmanın gelecekteki hedefi beyin sinyallerini kullanıcının rahatlıkla kullanabileceği çok kanallı EEG okuyabilen algılayıcı sensörle ya da elektrotlarla istediği zaman belli bir fiziksel hareket göstermeden, gerçek klavye kullanmadan sanal (ekran) klavyesinde yazı yazmasına olanak sağlamaktır. Kullanıcı bu sayede iş yaşamında, istediği alanlarda bu sanal klavyeyi kullanabilecektir.

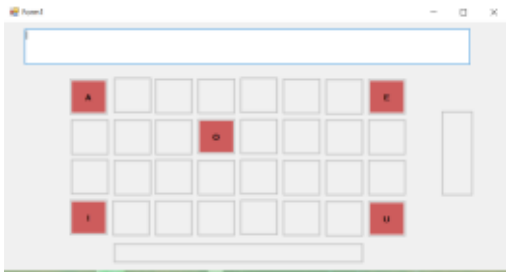
II. METARYAL VE YÖNTEM

A. Çalışmada kullanılan malzemeler

1. Visual Studio 2019
2. EEG Kayıt Cihazı (Brain Products)
3. EEG Elektrot Başlığı(32 kanallı)
7. Matlab 2018
8. EEGlab
9. Fuzzy Logic Design

B. Visual Studio'da Sanal Klavye Tasarımı

Başlangıçta, kelime yazımı için 32 buton yerleştirilmiştir. Her buton kutusu boyutu 80:70 olarak ayarlanmıştır. Eşitliği sağlamak için tüm düğmeler 8x4 olarak yerleştirilmiştir. Ayrıca boşluk çubuğu butonu eklenmiş ve butonlar koda yazdırılmıştır 'Şekil 2'. Çalışmanın başlangıç aşaması olarak sadece sesli harflerin "A, E, I, O, U" yazdırılması hedeflenmiş ve bu harfler her bir köşeye yerleştirilmiştir. Sadece O harfi orta bölümde yer almaktadır.



Şekil 2. Sanal klavye tasarımı

C. EEG Kaydı

EEG sinyali yedi farklı gönüllüden 32 kanallı Brain Product EEG kayıt sistemi kullanılarak kaydedilmiştir [9]. EEG kayıt prosedürü aşağıda anlatılmaktadır;



Şekil 3. EEG Deney kaydı

Öncelikle, karanlık ve sessiz bir ortam sağlanmıştır. Gönüllünün gözleri kapalı halde bir süre dinlenmesi istenmiştir. Kayda başladıktan sonra süreölçer başlatılmış ve gönüllüden ilk 30 saniye, "A harfine" bakması ardından 20 saniye gözlerini kapatması istenmiştir. Tüm harfler için aynı prosedür uygulanmıştır.

D. Öznitelik Çıkarma

EEG verileri kaydedtikten sonra öncelikle kaydedilen EEG sinyalleri farklı harflere bakıldığı anlarda kaydedilmiş 30 sn'lik parçalara ayrılmıştır. Böylece her bir harf için 30x1000 uzunluğunda sinyal parçaları elde edilmiştir. Ardından her bir sinyal parçasının güç spektrumu Welch yöntemi kullanılarak Matlab 'de hesaplanmıştır. Sonrasında hesaplanan bu güç spektrumundan yararlanılarak delta, teta, beta, alfa, gama alt bantlarındaki toplam güçler hesaplanmıştır. Tablo 1'de tek bir gönüllünün bir kanalından elde edilmiş olan güç değerleri gösterilmiştir.

Welch Yöntemi; Güç spektrumunun elde edilmesinde sıklıkla kullanılan yöntemlerden birisidir. Bu yöntemde $X = \{X(1), X(2), \dots, X(N)\}$ veri dizisi aralarında "**K örnek**" örtüşmelerin de olabileceği L uzunluklu M adet parçaya ayrılmaktadır.

$$\begin{aligned} X_1(i) &= X(i), & i &= 0, 1, \dots, L-1 \\ X_2(i) &= X(i+K), & i &= 0, 1, \dots, L-1 \\ X_m(i) &= X(i+(m-1)K), & \begin{cases} i &= 0, 1, \dots, L-1 \\ m &= 1, 2, \dots, M \end{cases} \end{aligned}$$

Sonrasında bu parçalar için pencerelemiş Fourier dönüşümü hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu Fourier dönüşümleri kullanılarak her bir parçanın periyodogram değeri hesaplanmaktadır.

$$A_m(k) = \sum_{i=0}^{L-1} X_m(i)w(i) e^{-j\frac{2\pi}{L}ik} \quad (1)$$

$$P_m(k) = \frac{1}{LG} |A_m(k)|^2, \quad m = 1, 2, \dots, M \quad (2)$$

$$G = \frac{1}{L} \sum_{i=0}^{L-1} |w(i)|^2 \quad (3)$$

Burada denklem 1, 2 ve 3 de gösterilen $w(i)$: pencere parçasını, A_m : Bu pencere parçası için hesaplanmış Fourier dönüşümünü, P_m : bu pencere parçası için hesaplanmış Periyodogramını, G ise bu pencere parçasının gücünü göstermektedir.

Her bir pencere parçası için hesaplanmış periyodogram değerleri kullanılarak denklem 4 ile gösterildiği şekilde Güç spektrumu $S(k)$ elde edilmektedir [10, 11].

$$S(k) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M P_m(k) \quad (4)$$

Sinyallerin güç spektrumu elde edildikten sonra bu güç spektrumundan faydalanarak alt bantlardaki toplam güçler:

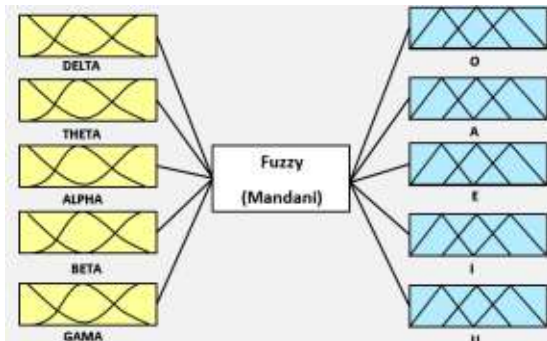
Eğer frekans değeri < 4 Hz ise Delta,
 4 Hz $<$ frekans değeri < 8 Hz ise Teta,
 8 Hz $<$ frekans değeri < 12 Hz ise Alfa,
 13 Hz $<$ frekans değeri < 30 Hz ise Beta,
 30 Hz $<$ frekans değeri < 80 Hz ise Gama bandına atamalar yapılarak hesaplanmıştır.

TABLO I. HER HARFİN FREKANS ARALIĞINA GÖRE GÜÇ SPEKTRUM (PSD) DEĞERLERİ

	DELTA	TETA	ALFA	BETA	GAMA
ORT.O	2509	116	45	80	100
ORT.A	1167	106	51	84	99
ORT.E	1712	87	213	128	134
ORT.I	2239	97	211	138	128
ORT.U	4666	129	270	168	150

E. Bulanık Mantık Tasarımı (Fuzzy Logic Design)

Projede, her bir kelimenin kural seçimini oluşturmak için bulanık mantık tasarımcısı kullanılmıştır. Delta, teta, alfa, beta, gama ve A, E, O, I, U olmak üzere beş girdi seçilmiştir. Her girdi minimum değer bölgesine, orta değer bölgesine ve maksimum değer bölgesine sahiptir. Bu değerler her bir bant aralığının ortalaması alınarak belirlenmiştir.



Şekil 4. Fuzzy Logic Design girdi ve çıktı kurallarının oluşturulması

III. BULGULAR VE SONUÇ

Sanal klavye Visual Studio ile tasarlanmıştır. EEG sinyalleri yedi gönüllüden kaydedilmiştir. Öncelikle bu EEG sinyallerin Güç spektral yoğunlukları (GSY) hesaplanmıştır. Ardından hesaplanan GSY'ler kullanılarak delta, teta, alfa, beta, gama bantlarındaki toplam güçler hesaplanmıştır. Daha sonra, her bireyin tüm kanalları için ortalama bant güçleri hesaplanmıştır.

Ortalama bant gücü değerlerine göre, harfleri birbirlerinden ayırmak için bulanık mantık tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bulanık mantık tasarımı araç kutusuna beş giriş değişkeni ve beş çıkış değişkeni eklenmiştir. Her bantın ortalama değerine göre düşük, orta ve yüksek aralıklar belirlenmiştir. Sonrasında, bulanık mantık tasarım kuralları oluşturulmuştur.

Sonuç olarak, girdi değerlerine göre az bir hata payı ile harf seçimleri bulanık mantık üzerinden gerçekleştirilmiştir. Ancak çalışmamızın bu aşamasında, sanal klavyeyle haberleşme sağlanamamıştır. Çalışmamızın bir sonraki adımı olarak tasarlanan bu sistem kullanılarak sanal klavyenin kontrolünün sağlanması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] F Haas, "Hans Berger (1873–1941), Richard Caton (1842–1926), and electroencephalography," Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry, 2003
- [2] Anton Coenen and Oksana Zayachkivska with Stanisław Konturek and Wiesław Pawlik, "CO-FOUNDER OF THE EEG," (ISBN 978-94-6228-040-3), 2013.
- [3] Stastny J, Sovka P, Stancak A, "EEG Signal Classification, Engineering in Medicine and Biology Society," Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE, vol.2, pp: 2020 – 2023, 2001.
- [4] Xu, B-G., Song, A-G., "Pattern recognition of motor imagery EEG using wavelet transform," J. Biomedical Science and Engineering, pp. 64-67, 2008.
- [5] Ulrich Hoffmann, Jean-Marc Vesin, Touradj Ebrahimi, "Recent Advances in Brain-Computer Interfaces," Signal Processing Institute Ecole Polytechnique F'ed'erale de Lausanne (EPFL), Switzerland, 2014.
- [6] Cheng, M., Gao, X., Gao, S., Member, S. ve Xu, D, "Design and Implementation of a Brain-Computer Interface With High Transfer Rates," IEEE Transactions On Biomedical Engineering, 49(10), 2002.
- [7] Steven G. Mason, and Gary E. Birch, "A General Framework for Brain-Computer Interface Design," IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering, vol. 11, no. 1, march 2003.
- [8] Priyanka A. Abhang, Suresh C. Mehrotra, "Technological Basics of EEG Recording and Operation of Apparatus," 2016.
- [9] BrainVision Recorder | User Manual, Software version 1.21.0402, Published by Brain Products GmbH
- [10] Emre Zengin, "eeg based computer interface software," master thesis, Edime, 2018.
- [11] Parhi, K.K., Ayinala, M. Member, (2014). "Low-Complexity Welch Power Spectral Density Computation," IEEE Transactions On Circuits And Systems—I: Regular Papers, Vol. 61, No. 1, January 2014.