

beyinden bilgisayara bir yol:

BEYİN BİLGİSAYAR ARAYÜZÜ

Ali Özgür ARGUNŞAH-Biyomedikal Mühendisi
Sabancı Üniversitesi, Yapay Görme ve Örüntü Analizi Laboratuvarı, İstanbul
argunsah@su.sabanciuniv.edu

Beyin Bilgisayar Arayüzleri (BBA), insanların motor sinir sistemlerini kullanmaksızın bir bilgisayarı, elektromekanik bir kolu ya da çeşitli nöroprotezleri kullanmalarını olanaklı hale getiren sistemlerdir. Beynimizi oluşturan çok sayıda sinir hücresi (nöronlar) elektrokimyasal etkileşimlerle birbirleriyle haberleşirler. Bu haberleşme sırasında, kafatası üzerine yerleştirilecek elektrotlar sayesinde, meydana gelen iletişim hakkında bilgi edinmek mümkündür. Beynin, basitçe, farklı işlemleri gerçekleştiren bölümlerden oluştuğunu düşündüğümüzde ilgili bölüme yakın yere yerleştirilecek

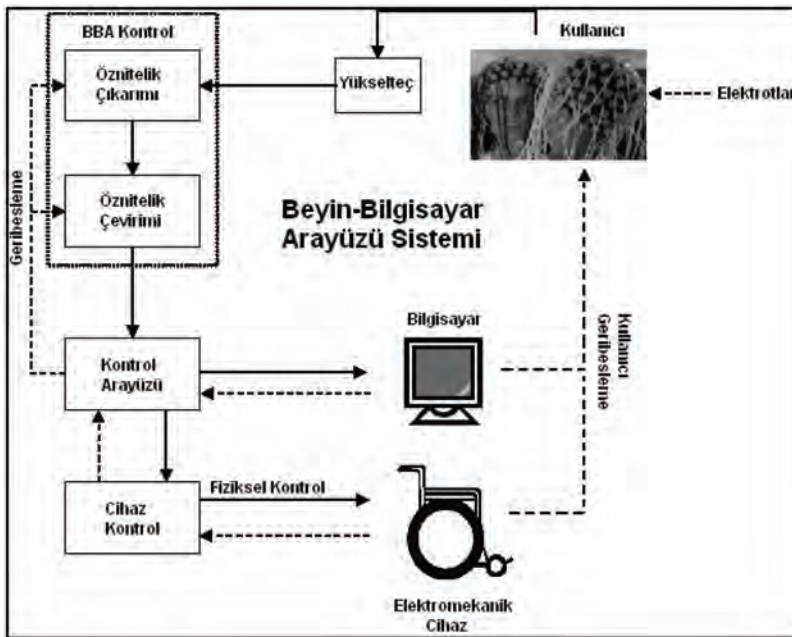
olan elektrotlar o bölgeye ilişkin bir bilgi edinmemizi sağlarlar. BBA sistemleri farklı kombinasyondaki elektrotlar ve bu elektrotlardan alınan elektriksel sinyallerin farklı şekillerde analiz edilmeleri ile gerçekleştirilirler. Bu sistemler motor fonksiyonlarını yerine getiremeyen Amiyotrofik Lateral Skleroz (ALS) veya Tetrapleji hastaları gibi kişilerde rehabilitasyon amaçlı kullanırken, diğer insanlar için bilgisayarlarını ya da herhangi bir elektronik kontrol sistemini kullanmalarını sağlayabilir.

BBA sistemlerinde elektrotlar ile nöronların elektrokimyasal etkileşimlerinin elektriksel yansımalarını algılayabilme-

nin 3 yolu vardır. Birinci yöntemde elektrotlar mikroelektrotlar halinde beyin kabuğu üzerine direkt olarak yerleştirilirler. Bu yöntemde kafatasının açılması ve bir operasyon ile mikroelektrot matrisinin beyine tutturulması sağlanır. İkinci yöntemde kafatası yine açılır fakat, bu sefer elektrotlar beyin kabuğuna saplanarak yerleştirilmez, yine elektrot matrisi halinde beyin kabuğu üzerine serilir. Buradaki elektrotlar ilk yöntemdeki gibi mikro yapıda değildir. Üçüncü ve son yöntemde ise kafatası üzerine iletken bir jel ile tutturulan elektrotlar kullanılır. Bu yöntemler içerisinde en pratik olan üçüncü yöntemdir. Şu anki araştırmaların çoğu bu yöntemi kullanan BBA sistemleri üzerinedir.

Elektrotlardan gelen düşük genliktaki elektrofizyolojik sinyal ilk olarak bir yükselteç bloğuna gelir. Burada yükseltilemiş sinyal belli bir ilgili frekans aralığında süzülür. Süzülen sinyal üzerinde, hangi sinyallerin ne tür anlamlar içerdiklerini anlamak üzere çeşitli öznitelik çıkarımları uygulanarak, ne tip örüntülerin ne tip anlamlar içerebilecekleri araştırılır. Gerekli özniteliklerin bulunmasının ve bu özniteliklerin anlamlandırılmasının ardından gerekli kontrol komutları üretilir ve yapılması arzu edilen motor fonksiyon gerçekleştirilir.

BBA sistemleri halen geliştirilme aşamasındaki sistemler olup ülkemizdeki üniversiteler de dahil olmak üzere dünyada 100'ün üzerinde okul ve araştırma kurumu tarafından çeşitli seviyelerde incelenen oldukça popüler bir araştırma alanıdır. Bu araş-



Şekil 1. Genel bir Beyin Bilgisayar Arayüzü Şeması

tırmalar sonucunda dünya nüfusunda önemli derecede yüksek sayıdaki felç hastaları için hayatlarını daha kaliteli yaşayabilme olanağı sunulabilecektir.

BİRAZ TEKNİK

Günümüzdeki BBA sistemleri derin ve yüzeysel EEG (Elektroensefalografi) kayıtları ile alınan beyin sinyallerinin işlenmesi ile gerçekleştirilmektedir. Yüzeysel kayıtlar daha kolay ve pratik yapılabildiklerinden dolayı en çok tercih edilen BBA yöntemi haline gelmişlerdir. Gümüş-Gümüş Klorür (Ag-AgCl) elektrotlar ile kafatasından alınan sinyaller önce bir biyo potansiyel yükseltici ile yükseltilir, ardından filtrelenerek ilgi boyutu daraltılır. Daha sonra kişilere gerçekleştirilmesi istenilen beyin aktivitesine göre çeşitli görevler verilir ve bu görevler esnasında yapılan EEG kayıtlar makine öğrenmesi algoritmaları geliştirmek için kullanılırlar. Destek Vektör Makineleri, Yapay Sinir Ağları ya da Gizli Markov Modelleri gibi farklı yöntemler kullanılarak geliştirilen sınıflandırıcılar, kişilerin sistem ile gerçekleştirdikleri birkaç deneme ile eniyileştirilirler (**Optimization**). EEG tabanlı BBA sistemler dışında, tek hücre kayıtlamaları (SCR), bölgesel alan potansiyelleri (LFP), elektrokortigografi (ECoG), magnetoensefalografi (MEG), fonksiyonel manyetik rezonans

görüntüleme (fMRI), yakın infrared spektroskopisi (NIRS) gibi teknikler de BBA geliştirmek için kullanılan görüntüleme teknikleridir. Fakat bu tekniklerin hiç biri EEG kadar çabuk erişilebilir, ucuz ve pratik değildirler. Bundan dolayıdır ki gelecekteki BBA sistemlerinin temelinde de EEG tabanlı sistemleri sık sık görmemiz olasıdır.

Şimdiye kadar gerçekleştirilen en başarılı örnekler Brown Üniversitesi'nde Donogue ve arkadaşlarının beyne invazif olarak yerleştirdikleri elektrotlar ile gerçekleştirdikleri BBA sistemleri ve Wadsworth Center, Albany de Mc. Farland ve arkadaşlarının felçli hastalar için gerçekleştirdikleri EEG tabanlı BBA sistemleridir. Bu sistemlerden bir tanesinde eskiden bilimadamı olan fakat bir kaza sonucu alt ve üst uzantılarını (**ekstremite**) kullanamaz durumdaki bir kişinin bilgisayarını kontrol edebilir hale gelmesi sağlanmıştır. Bu kişi geliştirilen sistem yardımıyla makaleleri kendi açıp okuyabilmekte, bilgisayarda çeşitli uygulamaları yapabilmekte ve en önemlisi kendi makalelerini bir çeşit P300 yazı yazma sistemi kullanarak yazabilmektedir. P300'ün anlamı beyne verilen bir etkinin beyinde yaklaşık 300ms sonra bir tepki oluşturması üzerine verilen etkiye paralel olarak beklenen sinirsel aktivite değişimidir. Bu yöntemin uygulaması olarak ilk defa Donchin ve arkadaşları

tarafından gerçekleştirilen P300 yazı yazma sisteminin çalışma prensibi şu şekildedir. Bilgisayar ekranda klavyede bulunan tüm harfler ve bazı özel işaretler bir matris halinde belirir. Bu matrisin satır ve sütunları etrafında belirli zaman aralıklarıyla rastgele gezinen bir dikdörtgen kutucuk beyinde ilgili kutunun içerisindeki harflerin yazmak istediğimiz harf olup olmamasına göre bir tepki sinyali oluşturur. İlgili tepkiler algoritma tarafından değerlendirilir ve kişinin yazı yazması sağlanır. Çok hızlı bir şekilde yazı yazılmasını mümkün kılmaya da o durumdaki bir insan için önemli bir iletişim kaynağı durumundadır.

BBA sistemleri Avrupa Birliği tarafından da son zamanlarda PRESENCIA ve MAIA gibi projelerle de desteklenen önümüzdeki yüzyıl içerisinde araştırmaya açık önemli bir bilimsel konu durumundadır.

OKUNMASI TAVSİYE EDİLEN BİLİMSEL KAYNAKLAR

Farwell L.A. and Donchin E. 1988. Talking off the top of your head: Toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials. *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* 70:510-523

Birbaumer N, Ghanayim N, Hinterberger T, Iversen I, Kotchoubey B, Kübler A, Perelmouter J, Taub E, Flor H. 1999. A spelling device for the paralyzed. *Nature.* 398:297-298.

Birch GE, Mason SG. 2000. Brain-computer interface research at the Neil Squire Foundation. *IEEE Trans. Rehabil. Eng.* 8:193-195

Wolpaw, J.R, Birbaumer, N, McFarland D.J, et al. 2002. Brain-computer interfaces for communication and control. *Clin. Neurophysiol.* 113(6):767-791

Pfurtscheller G. and Neuper C. 2005. EEG-Based brain computer interfaces in Niedermeyer E. and Da Silva F. L. *Electroencephalography, basic principles, clinical applications and related fields.* Fifth Edition. 1265-1271.

Thomas Navin Lal. 2005. *Machine Learning Methods for Brain-Computer Interfaces.* MPI Series in Cybernetics. ◀

