



# Üst Ekstremitenin Eğlence Tabanlı Rehabilitasyonu İçin Sistem Tasarımı System Design for Entertainment Based Rehabilitation of the Upper Extremity

Samet Çıklaçandır<sup>1</sup>, Yalçın İşler<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>İslerya Medikal ve Bilişim Teknolojileri San. Tic. A.Ş. Bornova, İzmir, Türkiye

samet.ciklacandir@ikc.edu.tr, islerya@yahoo.com

**Özetçe**—Bu çalışmada çeşitli kazalar sonucu el ve kol hareketlerinde kayıpları olan kişiler için rehabilitasyon evresini takip edilebilecek ve çeşitli egzersizleri yapabileceği bir sistem tasarımı üzerinde çalışılmıştır. Bu sistem iki eksenli çizme mekanizması ve ele giyilebilen elektronik eldivenden oluşmaktadır. Hastadan çizici mekanizmanın altına konulan bir resmi takip etmesi ve elindeki eldiven ile kalemi yönlendirerek resmi çizmesi istenmektedir. Mekanizma hızı kullanıcıya göre ayarlanabilmektedir. Kablosuz haberleşmenin Xbee kablosuz entegresiyle sağlandığı bu sistemde kontrol devreleri Arduino ile geliştirilmiştir. Mekanizma, hastanın eğlenerek elini hareket ettirmesi ve rehabilitasyon evresinde egzersiz yapmasını sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler**—El rehabilitasyonu, XY Çizici, Ortopedi, Arduino.

**Abstract**— In this study, a system design which can follow the rehabilitation phase and perform various exercises for persons with loss in hand and arm movements after various accidents has been studied. This system consists of a two-axis drawing mechanism and electronic gloves that can be worn on hand. The patient will be asked to follow a picture placed under the mechanism and to draw picture by moving the pen via the glove in his hand. The speed of the mechanism is adjustable to the patient. In this system, wireless communication is provided by Xbee wireless devices and control circuits are developed using Arduino. The mechanism allows the patient to move his / her hand enjoyably during the exercise in his/her rehabilitation phase.

**Keywords**—Hand rehabilitation, XY Plotter, Orthopedy, Arduino.

## I. GİRİŞ

Günümüzde teknolojideki gelişmelerle beraber kaza sonucu oluşan komplikasyonlar azalmakta, yaşam süresi

uzamakta, diğer yandan kronik hastalıkları olan ve afetler ya da kazalara maruz kalıp yaşama dönen engelli kişiler için yaşamı daha yaşanır hale getirme önem kazanmaktadır [1]. Rehabilitasyon anlam bakımından geniş kapsamlı bir terimdir. Sözcük anlamı kaybedilen fonksiyonların yeniden kazandırılması olarak söylenebilir. Fizik tedaviye göre, daha uzun ve hastanın da aktif olarak tedaviye katılımını ve çabasını gerektiren bir süreçtir. Rehabilitasyon kavramı, 1. ve 2. Dünya Savaşlarından sonra oluşan hastalık ve sakatlıkların tedavi gereksinimi sonucunda, Avrupa ve A.B.D. de ortaya çıkmıştır. Türkiye’de ise, rehabilitasyon uygulamaları, yurt dışına yetişen değerli bilim adamlarının katkılarıyla, daha gecikerek başladı. 1970’li yıllardan itibaren Türkiye’de el cerrahisinin gelişmeye başlamasıyla birlikte, el rehabilitasyonu ile ilgili birimlerin sayısında bir artış gözlenmiştir [2]. Rehabilitasyon, önceleri sadece ‘sakatlıkların tıbbi tedavisi’ olarak bilinmekteydi. Daha sonra bu tanımın kapsamı genişletildi. Hastalıkların, ilaç, cerrahi, fiziksel yöntemler ve yardımcı cihazlar ile kısmen veya tamamen giderilmesi ve hastanın bedensel, ruhsal, sosyal ve ekonomik bakımdan, bağımsızlığının sağlanmasına yönelik atılan tüm adımlara rehabilitasyon ismi verildi.

El insan vücudunun bir parçasıdır ve günlük yaşamımızda sıklıkla yer alır aynı zamanda kompleks fonksiyonların gerçekleşmesini sağlar. El bazen insanlar arasında iletişim amaçlı kullanılır. Günlük yaşamımızda pek çok işimizi bu organ vasıtasıyla gerçekleştiririz. Hastaların tüm sistem işlevlerinde olduğu gibi günlük yaşamımızda önemli bir yer tutan el işlevlerinde de yetersizlik gelişebilmektedir. Bu yetersizlik hastaların günlük etkinliklerinde bağımlılığa, beraberinde de sosyal ve psikolojik sorunlara yol açmaktadır [3,4]. Bu açıdan el rehabilitasyonu önem kazanmaktadır.

## Klinik Mühendisliği

14 Ekim 2017 - 10.45-12.15 - Salon B

El rehabilitasyonu el ve üst kolun tamamını etkileyen durumlarda uygulanan bir rehabilitasyon tipidir. Bu konuda uzman olmuş fizyoterapistler tarafından uygulanır. Hastanın günlük yaşam aktivitelerine dönmesi amaçlanır. Parmaklarında, ellerinde veya kollarında kaza veya darbe sonucunda yara, yanık, skar, damar, sinir, tendon yaralanması olanlar veya kırık geçiren hastalar el rehabilitasyonuna adaydır. Bunların yanında karpal tünel sendromu, tenisçi dirseği, inme gibi fonksiyon kayıpları geçirenlerde bu rehabilitasyondan faydalanmaktadır. Tedavi edilen kişi çeşitli egzersizler yaparak rehabilitasyon sağlanır. Bu çalışmada çeşitli kazalar sonucu el hareketlerinde kayıplar meydana gelen hastalar için rehabilitasyonu sağlayabilecek sistem tasarımı amaçlanmıştır.

## II. MALZEME VE TASARIM

### A. Çizici Ekipman

Hastanın el hareketlerini çıktı olarak alabilmek için iki eksenli bir hareket mekanizmasına ihtiyaç vardır. X-Y plotter mekanizması kullanılarak çizici sistem oluşturulmuştur. Bu mekanizmada iki eksenli bir hareket vardır. Bir de kalemin yazıp yazmamasını sağlayan bir düzenek vardır. Bu mekanizma x ve y doğrultularında hareketi sağlayan iki adet step motor ve kalemin yazmasını sağlayan bir adet servo motordur. Plotter olarak üstün ve hassas hareket kabiliyetine sahip Makeblock XY-Plotter (Şekil 1) kullanılmıştır [5].



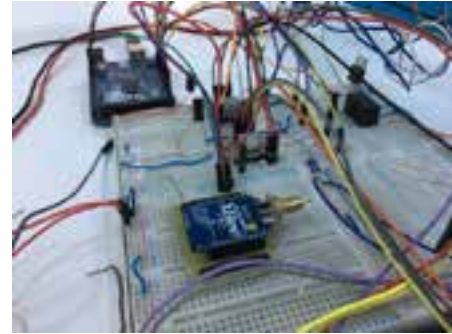
Şekil 1. XY plotter parçalar halinde (altta) ve montaj sonrası (altta)

Plotter parçaları halinde alınmış ve montajlama işlemi yapılmıştır. Kullanılan plotter işleme alanı 310x390mm olarak oldukça geniş bir yer sunmaktadır. Kalemin yazma

hassasiyeti ise 0,1mm'dir. Eksenlerdeki step motorların maksimum çalışma hızı 50mm/s'dir. Plotter düz bir zemine monte edilmiştir. Bu mekanizmada kalem eksenlerin sonuna geldiğinde uyarı vermek için dört tane anahtar vardır. Ayrıca yazılanların daha net görülebilmesi için LED aydınlatma eklenmiştir.

### B. Elektronik devre

Plotter'ın sürücü devresi için gerekli malzemeler hazırlanıp devre kurulmuştur. Bu devrede iki step motor sürücüsü, LED aydınlatma sürücüsü, Xbee kablosuz haberleşme modülü ve şebeke gerilimini düzenleyen regülatör kullanılmıştır. Kontrol devresi ise Arduino Mega [6] tarafından gerçekleştirilmiştir. Hastanın eline giyeceği hareket algılayıcı devresi için Arduino Lilypad [7], akselerometre sensor ve Xbee kablosuz haberleşme [8] entegreleri kullanılarak devresi gerçekleştirilmiştir. Bu eldiven dışarıdan herhangi bir müdahale olmadan sadece ele giyilerek çalışmaktadır. Üzerinde 9V pil ile kablosuz olarak çalışmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Plotter sürücü devresi

### C. Devrenin Kontrolü

Kontrol kısmında iki ayrı Arduino tercih edilmiştir. Arduinoların gerek kod yazmadaki kolaylığı gerekse uygulamalardaki kısa zaman alması tercih sebebidir. Ayrıca birçok modülle uyumluluğu ve hazır kütüphanelerin bulunması (servo gibi) işlemi kolaylaştırmaktadır. Fakat maliyet noktasında bir dezavantaja sahiptir. Veri gönderme kısmında çok iyi bir işlemciye gerek duyulmadığından ve küçük dikilebilir olduğundan Arduino Lilypad kullanılmıştır. Plotter'ın kontrol eden devrenin ciddi bir yük taşıdığından ötürü Arduino Mega kullanılmıştır. Atmega2560 işlemcisine sahip olan Mega giriş ve çıkış pinlerinin çokluğu ile bir avantaja sahiptir. Bünyesinde 54 tane dijital I/O (giriş/çıkış) ve 16 tane analog giriş pinleri bulunmaktadır. 16 MHz frekansıyla işlem yapabilme kapasitesine sahiptir. Toplamda 4 tane seri haberleşmesini barındırması Xbee modülü için kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Fakat bu

## Klinik Mühendisliği

14 Ekim 2017 - 10.45-12.15 - Salon B

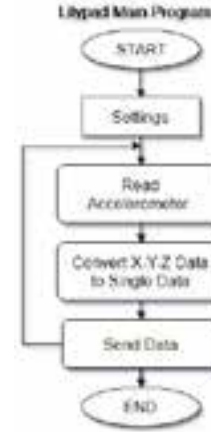
entegre düşük akım çıkışı yüzünden motor ve LED leri sürececek kapasiteye sahip değildir. Bunun için ek sürücü devrelerine ihtiyaç vardır. 4 tane butonun takibi yine 4 tane dijital input pinleri kullanılarak sağlanmıştır. Servo motor için bir PWM çıkışı kullanılmıştır. Step motorların sürücü entegreleriyle haberleşmesi için motorun yünü, hızını ve aktif olup olmama durumunu kontrol eden 3 pin ayrılmıştır. Ayrıca LED kontrolü için bir dijital çıkış pini kullanılmıştır. Xbee modülü ile haberleşmesi için seri haberleşme pinleri kullanılmıştır. Arduino Lilypad de ise ATmega 32u4 işlemciye sahip USB haberleşmesine imkân sağlayan bir kontrol kartı tercih edilmiştir. 50mm çapı ile az yer kaplamakta olup el için ideal bir yer imkân sunmuştur. Üzerinde bulundurduğu USB haberleşmesi işlemcinin programlanması için ek bir entegreye gerek kalmaksızın işin kolaylaştırılmasını sağlamıştır. Etrafına sıralanmış olan giriş çıkış pinleri vasıtasıyla Lilypad kolaylıkla kumaşın üzerine dikilebilmektedir. Kendi üzerinde ayrıca pil girişini sağlayan soket herhangi bir güç kaynağına ihtiyaç olmadan entegrenin çalışmasını sağlamaktadır. Lilypad 4 adet analog giriş ve 9 adet dijital I/O pinleri bulunmaktadır. Bu pinlerden 2 si Xbee modülü ile diğer ikisi ise accelerometer ile haberleşmektedir. SDA ve SCL pinleri accelerometer için haberleşme imkân sağlamıştır. Ayrıca Xbee haberleşmesi için 2 adet bacak serial kütüphanesi kullanılarak ayrılmıştır.

### D. Programlama

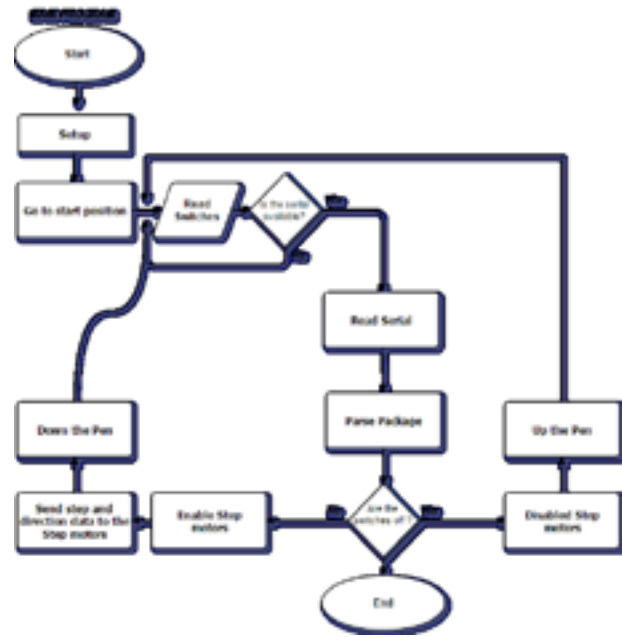
Arduino entegrelerini programlamak için kendi yazılım geliştirme ortamı kullanılmıştır (Arduinov1.16.12) [9]. Burada ek kütüphanelere ihtiyaç duyulmaktadır. Hazır bulunan bu kütüphaneler motor kontrolünde büyük avantaj sağlamaktadır.

Ana programda ilk önce gerekli ayarlar yapılmıştır. Sonra plotter açıldığında konumu bilinmediği için konum ayarlaması yapılmıştır. Plotter'ın kenarlarında bulunan anahtarlar sürekli okunarak motorların alan dışı çalışması önlenmiştir. Daha sonra serial porttan gelen paket bilgi parçalara bölünmüş ve X, Y ve Z koordinatlarında üç farklı data elde edilmiştir (Şekil 3 ve 4). Burada gelen bilgi hız, yön ve kalemin yazıp yazmama bilgilerini içermektedir. X ve Y kalemin hareketini ve hızını tayin ederken Z ise kalemin aşağı veya yukarda olması bilgisini vermektedir. Hız kademesi eli sağa veya sola bükmeyle orantılıdır. Eli sağa bükükçe 90°'ye kadar hızı giderek artmaktadır. El 180° çevirdiğinde ise kalem yukarı kalkmaktadır. Avuç içi yere baktığında ise kalem yazma konumuna gelmektedir (Şekil 5).

Kalemin resme başlama konumu çeşitli resimler için tayin edilmiş ve gerekli ayarlama yapılmıştır. Bu şekilde kalem ilk önce konumunu alıp daha sonra hastanın elinden gelecek olan bilgiyi beklemekte ve gelen bilgi ile harekete geçmektedir.



Şekil 3. Arduino Lilypad program akış diyagramı



Şekil 4. Arduino Mega program akış diyagramı



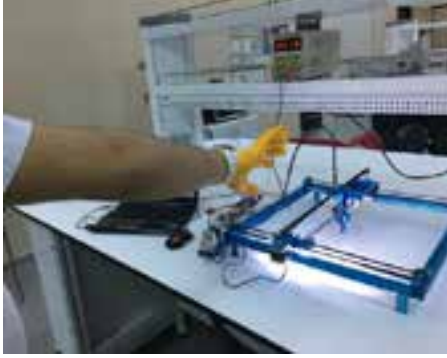
Şekil 5. Elin hareket şekilleri; düz, sağ ve sol konumda

## Klinik Mühendisliği

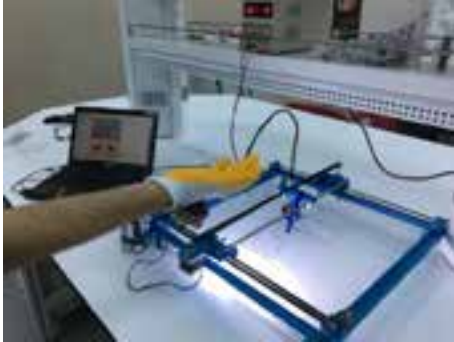
14 Ekim 2017 - 10.45-12.15 - Salon B

### III. SONUÇLAR

Çizici kablolu olarak gelen verileri işleyip hastadan izlemesi gereken resmi kablolu olarak izlemiştir. Çizici elden gelen verilere göre hareket etmekte ve resmin kenarlarını takip etmektedir (Şekil 6). Hasta iç tarafta kalan çizimi yapabilmesi için elini döndürmesi yeterlidir (Şekil 7). Bu sayede kalem kalkacak ve istenmeyen çizgilerin oluşması önlenecektir. Kalem, elin hareketine göre yönlendirilmiş ve çizicinin altına koyulan resmi takip etmiştir (Şekil 8). Böylece sistemin çalışması test edilmiştir. Sistem test halinde olup herhangi bir hastaya uygulanmamıştır. Üç farklı resim üzerinde denenmiş olup başarıyla çalışmıştır. Günlük el egzersizleri için eğlenceli ve hastayı sıkmayan bir platform hazırlanmıştır.



Şekil 6. Çizicinin el hareketlerine göre hareketi

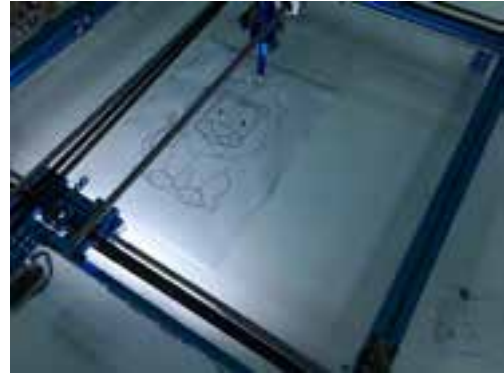


Şekil 7. Eli ters çevirmesi sonucunda kalemin kalkması

### IV. TARTIŞMA

Bu çalışmada çeşitli resimler denenerek el rehabilitasyonu için bir egzersiz mekanizması yapılmaya çalışılmış ve hastayı sıkmadan aynı zamanda eğlenerek yapması için bir deney düzeneği hazırlanmıştır. Hastayı yormadan günlük yapabileceği el egzersizlerini rahatlıkla bu sistemde gerçekleştirebilir. Bu mekanizmada kâğıt üzerinden çizmek yerine dokunmatik LCD ekran yerleştirilip ekranda çıkacak resmi hastanın takip etmesi

ve ne kadar hassaslıkta takip ettiğinin belirlenmesi daha faydalı olacaktır. Ama mekanizmanın ölçüsünde bir dokunmatik ekran maliyet açısından pahalı olduğu için yapılamamıştır. İleride çalışmanın el rehabilitasyonu için somut veriler sunabileceği şekilde, orijinal şekle ne kadar yaklaşılabildiğine dair bir sayısal değer üretilebilmesi için çalışmalar yapılması planlanmaktadır. Üstelik geliştirilen mekanizma el hareketleriyle haberleşmede dilsiz ve yatalak hastalar için kullanılabilir yapıdadır.



Şekil 8. Çizicinin resmi takip etmesi

### TEŞEKKÜR

Bu çalışma İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü destekli 2013-2-FMBP-49 numaralı projesinde sağlanan olanaklar ile gerçekleştirilmiştir.

### KAYNAKÇA

- [1] Akçay T. "Tekerlekli Sandalye Kullanan Paraplejik Hastalarda Ev Rehabilitasyonu", Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı Yayınlanmamış Bilim Uzmanlığı Tezi, Ankara,1994
- [2] Polatkan S. El rehabilitasyonunun Türkiye'deki tarihi süreci, gelişmesi ve günümüzdeki durumu. Editör: Çerezci Ö, Ataker Y, Canbulat N, Güdemez E. El Rehabilitasyonu. 1. baskı, Amerikan Hastanesi Yayınları, İstanbul 2013 s:13-16
- [3] Haese J: Psychological aspects of hand injuries , their treatment and rehabilitation. J Hand Surg 1985;10B(3):283-287 5
- [4] Hanks RA, Lichtenberg PA: Physical, psychological and social outcomes in geriatric rehabilitation patients. Arch Phys Med Rehabil 1996;77(8):783-792
- [5] <http://store.makeblock.com/xy-plotter-robot-kit/>
- [6] <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>
- [7] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLilyPadUSB>
- [8] <https://www.digi.com/products/models/xbp24-asi-001>
- [9] <https://github.com/arduino/Arduino/tree/1.6.12>