

EL REHABİLİTASYON SİSTEMLERİ İÇİN AKILLI ELDİVEN UYGULAMASI

Hakan Akın¹, Abdullah Bal² ve Ulvi Başpınar¹

¹ Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

34730 Göztepe, İstanbul, hakanakn01@gmail.com, ubaspınar@marmara.edu.tr

² Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

34730 Göztepe, İstanbul, abduallah.bal@marmara.edu.tr

Özetçe

Dünya nüfusunda ki ortalama yaş ömrünün artışına paralel olarak rehabilitasyon ihtiyacı duyan hasta sayısı artış göstermektedir. Rehabilitasyon tedavisi gören kişilerin kendi ev ortamında rehabilitasyon hizmeti alması ve sürecin doktor tarafından takip edilebilir olması hem hastalar hem de doktorlar tarafından tercih edilmektedir. Yapılan bu çalışmada el rehabilitasyon sistemlerinde kullanılmak üzere bir akıllı eldiven tasarımı ve bilgisayar ortamında hastanın kendi el hareketlerini görebileceği bir simülasyon yazılımı gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma el rehabilitasyon sistemi için bir ön çalışmadır. Çalışmada el parmaklarındaki bükülme açılarını bir eldiven üzerine yerleştirilmiş algılayıcılar yardımıyla algılayıp ölçen ve ölçülen sinyali bir mikro denetleyicide ön işlemden geçirdikten sonra mavidiş modülü yardımıyla kablosuz olarak bilgisayara aktaran donanım tasarlanmıştır. Eldiveninden alınan bilgiler ile bilgisayar ortamında bir el simülasyonu eşzamanlı olarak hareket ettirilmiştir.

1. Giriş

Dünyada çok sayıda kişi çeşitli sağlık sorunları nedeniyle hayatının tamamı veya bir kısmında fiziksel tedaviye ve buna bağlı belirli rehabilitasyon süreçlerine ihtiyaç duymaktadır. Yetişkinlerde genellikle inme, felç, nörolojik ve ortopedik rahatsızlıklar nedeniyle çocuklarda ise doğum öncesi, esnası ve sonrasında oluşabilecek nörolojik ve nöromusküler hastalıklar veya herkesin her an maruz kalabileceği ortopedik ve nörolojik yaralanmalarda rehabilitasyon tedavisi uygulanmaktadır.

Rehabilitasyon tedavisindeki ortak noktayı ise günlük yaşam aktivitelerimizin temel unsuru olan üst ekstremitelerin, ellerin ve kolların tedavi ve rehabilitasyonu oluşturmaktadır. El ve kol rehabilitasyonu için geliştirilen aktif ve pasif olmak üzere değişik teknolojiler ve yöntemlerin kullanıldığı sistemler mevcuttur[1-3]. Son yapılan çalışmalarda kullanım kolaylığı ve taşınabilir olması nedeniyle giyelebilir pasif rehabilitasyon sistemlerine ilgi giderek artmaktadır[4-6]. Rehabilitasyon sistemleri ile ilgili bir diğer gelişmede sanal gerçeklik ve görsel uyarım alanlarında gerçekleştirilmektedir[7, 8]. Rehabilitasyon sırasında hastanın

ilgili sınırlarının mümkün olduğunca uyarılması iyileşme sürecinde önemli rol oynamaktadır.

G. Placidi'nin bir çalışmasında inme veya el cerrahisi operasyonu geçirmiş biri için yazılım tabanlı sanal eldiven ile rehabilitasyon süresinin nasıl daha verimli ve etkili kullanacağından bahsedilmektedir[9]. M.Sivak ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada inme geçiren hastaların ev ortamında tedavilerinin yapılabilmesi için esneme algılayıcılar ve ivme tabanlı algılayıcıların yerleştirildiği bir eldiven ve sanal ortamın tanıtımı yapılmıştır[10]. T. Nef ve arkadaşlarının yaptığı diğer bir çalışmada ise kol rehabilitasyonu için tasarlanan bir harici kol iskeletinin uygulanabilirliğinden bahsedilmektedir[11].

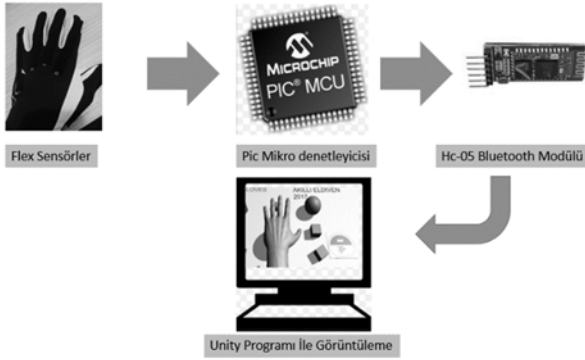
Yapılan bu çalışmalar göstermektedir ki ev ortamında hastanın kendi rehabilitasyon hareketlerini yapabilmesine olanak veren, sanal gerçekliğin ve robot teknolojilerinden yararlanılarak geliştirilecek rehabilitasyon cihazlarına ihtiyaç bulunmaktadır.

Yapılan bu çalışmada el rehabilitasyonu ihtiyacı olan hastaların rehabilitasyon sürecinin verisel olarak takip edilecek aynı zamanda hastaların daha verimli bir rehabilitasyon süreci geçirmesini sağlayacak görsel geri beslemeli bir sistemin ön çalışması olarak bir eldiven tasarımı ve insan-bilgisayar etkileşiminin gerçek zamanlı simülasyonunu gerçekleştiren bir yazılım kodlanmıştır.

2. Materyal ve Metod

Bu çalışma kapsamında geliştirilen akıllı eldiven tabanlı rehabilitasyon sisteminin blok diyagramı şekil 1'de gösterilmektedir. Blok diyagram 4 ana kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım üzerine algılayıcılar yerleştirilmiş bir eldiven, ikinci kısım eldiven üzerinden algılanan verilerin işlendiği mikrodenetleyici tabanlı bir elektronik kart, üçüncü kısım mavidiş modülü ve son kısım bilgisayar simülasyonundan oluşmaktadır. Eldiven üzerine parmak bükülme açılarını en doğru alacak şekilde yerleştirilen esnek(flex) algılayıcılar yardımıyla parmakların bükülme dereceleri bir ön işleme devresinden geçirilerek mikrodenetleyicinin analog girişine uygulanır. Mikrodenetleyici içinde kodlanmış yazılım ile gerilim bilgisi açılı bilgisine çevrildikten sonra mavidiş modülü yardımıyla kablosuz olarak bilgisayara

aktarılmaktadır. Unity3D ortamında tasarlanmış olan el simülasyonu eşzamanlı olarak eldiveni kullanan kişinin hareketlerini gerçekleştirmektedir.



Şekil 1. Akıllı eldiven tabanlı rehabilitasyon sisteminin blok diyagramı

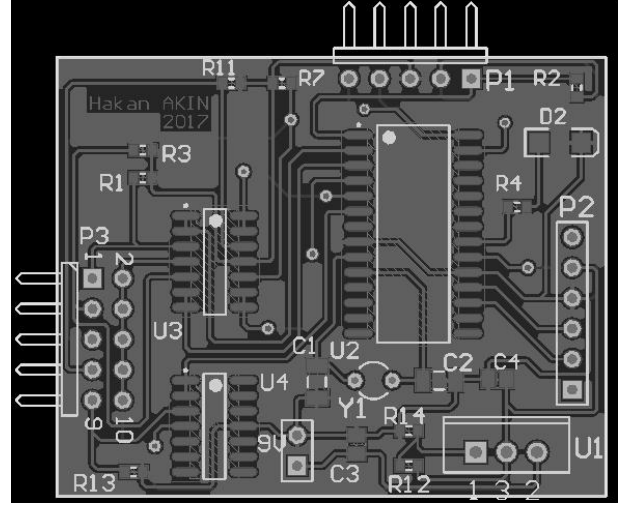
Mikrodenetleyicide gerilim bilgisinin açılı bilgisine çeviren fonksiyonun elde edilebilmesi için sensör konumu (flex sensörün bükülmesi) ve buna karşılık alınan gerilim (bükülmeden kaynaklı) bilgisi gerekmektedir. Alınan bu değerler eğri uydurma işlemi ile bir fonksiyona dönüştürülmüştür. Eğri uydurma işlemi için MATLAB programı kullanılmıştır.

3. Donanım ve Yazılım

Bu çalışmada donanım; flex algılayıcılarla donatılmış bir eldiven, üzerinde mikrodenetleyici ve ön işleme devreleri bulunan bir elektronik kart ve mavidiş modülü olmak üzere 3 ana kısımdan oluşmaktadır.

Eldiven seçiminde parmak hareketlerini sınırlandırmayan farklı el boyutlarına uyum sağlayan esnek bir eldiven tercih edilmiştir. Parmakların bükülme derecelerini ölçmek amacıyla 12 cm uzunluğunda 5 adet flex algılayıcı kullanılmıştır. Kullanılan flex algılayıcılar esneme olmadığı zaman yaklaşık 9,5kΩ direnç değeri gösterirken esnetildiği zaman esneme açısına bağlı olarak direnç değerleri artış göstermektedir. Sensörden elde edilen direnç değerini mikrodenetleyicinin A/D modülüne uygulanabilmesi amacıyla gerilim bilgisine dönüştürmek için bir devre tasarlanmıştır.

Elektronik kart üzerindeki bütün akışı kontrol etmek amacıyla kullanılan 8 bitlik P16F876 mikrodenetleyicisi üzerinde 8 kanal 10 bitlik Analog-Sayısal(A/D) çevirici modülü bulunmaktadır. A/D modülünün 5 kanalı parmakların açısını ölçmek için ayrılmıştır. Mikrodenetleyici 4 MHz'lik bir osilatör ile çalıştırılmaktadır. Mikrodenetleyicide bulunan evrensel asenkron alıcı verici(UART) modülü üzerinden mavidiş modülü ile haberleşme sağlanmaktadır. Tasarımı yapılan devrenin baskı devresi Şekil 2'de verilmiştir. Elektronik kart boyutları ergonomi açısından bileğe uyacak şekilde tasarlanmıştır. Kartın boyutları boy: 45,72mm ve en: 36,83mm'dir.

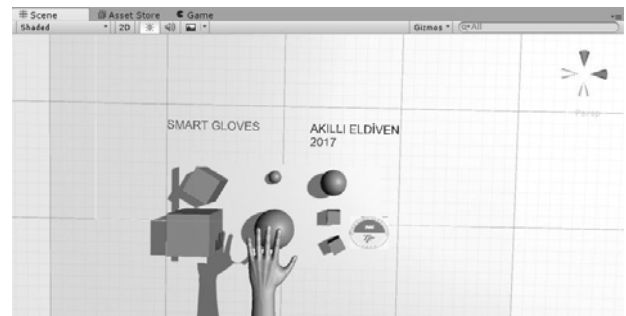


Şekil 2. Tasarlanan kartın baskı devre şeması

HC-05 mavidiş modülü otomatik ve isteğe bağlı bağlantı olarak iki farklı moda çalışabilmekte ve otomatik bağlantı modunda efendi veya yönetilen olarak çalışabilmektedir. Modül mikrodenetleyici ile RS-232 seri haberleşme standardı ile haberleştirilmiştir. Uygulamada mavidiş modülü efendi rolünde ve 115200 (bit/s) hızında veri transferi gerçekleştirmiştir.

Akıllı eldivenden alınan el hareketlerinin gerçek zamanlı simülasyonu UNITY3D oyun motoru ile gerçekleştirilmiştir. UNITY3D'nin seçilmesinin nedeni ise ücretsiz olması, C# programlama diline ve bu dil içerisindeki I/O kütüphanelere uygun olması, yaygın kullanıma sahip olması ve kolay uygulama geliştirme olanaklarına sahip olmasıdır.

Unity3D içerisinde giriş / çıkış "I/O" birimlerinden gelen bilgiler C# kütüphaneleri sayesinde okunabilmektedir. Sanal simülasyon ortamları kolaylıkla oluşturulabilmektedir. İçerisindeki fizik motoru sayesinde yer çekimi, kütlelerin korunması, çarpışma mekanikleri gibi olaylar kolaylıkla oluşturulabilmektedir. Üç boyutlu ortama, I/O birimlerinden gelen bilgilere göre şekil verilebilmektedir. Simülasyon içerisinde karşılaşılan farklı durumların sonucu kullanıcıya güçlü bir grafik arayüz ile aktarılabilir. Şekil 3'de el rehabilitasyon sistemi için tasarlanan simülasyondan bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3. El Rehabilitasyon sistemi için tasarlanan simülasyondan bir görüntü

4. Bulgular

Regresyon analizi olarak da bilinen eğri uydurma bir dizi veri noktası kullanarak en uygun olan eğriyi oluşturacak matematiksel fonksiyonun bulunması işlemidir. Bu çalışmada olduğu gibi her bir bükülme derecesinde elde edilen voltaj değerini tek tek bulmak yerine belirli açılara karşılık gelen voltaj değerlerini ölçüp diğer ara değerlerin hesaplanması eğri uydurma yöntemiyle elde edilen fonksiyon ile yapmak büyük kolaylık getirmektedir.

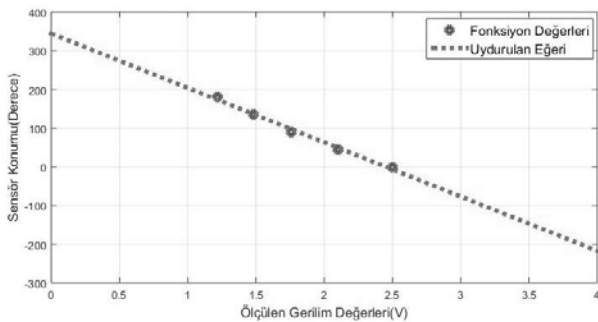
Yapılan bu çalışmada MATLAB yazılımında bulunan eğri uydurma aracı kullanılarak Tablo 1’de belirtilen bükülme açılarındaki ölçülen gerilim değerleri eğri uydurma işleminde kullanılmış ve eşitlik 1’de verilen fonksiyon elde edilmiştir. MATLAB eğri uydurma aracı ile elde edilen eğri grafiği Şekil 4’te verilmiştir.

Tablo 1. Sensör konumu-direnç değeri

Parmakların bükülme açıları	Ölçülen Direnç Değeri	Hesaplanan Gerilim	Ölçülen Gerilim
0°	9,5k	2,56V	2,5V
45°	13,24k	2,15V	2,1V
90°	17,5k	1,81V	1,76V
135°	22,3k	1,54V	1,48V
180°	26,4k	1,37V	1,22V

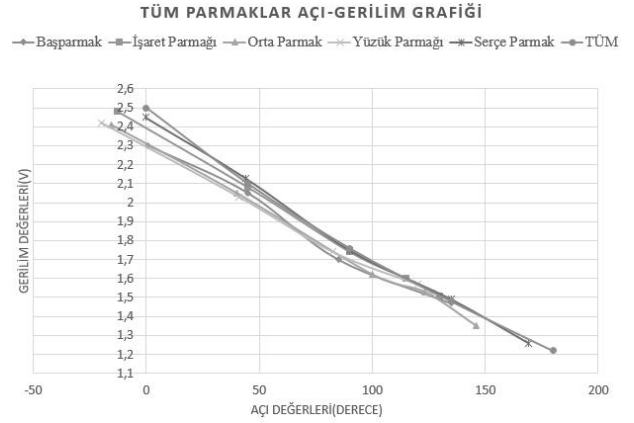
$$\theta = -140.3381v + 344.2927 \quad (1)$$

Eş. 1’de v ölçülen gerilimi, θ ise bükülme açısı değerini ifade etmektedir.



Şekil 4. Sensor Konumu – Ölçülen Gerilim Grafiği

Tüm parmakların ayrı ayrı konum-gerilim değişimi ölçülerek her bir parmağın yaptığı açının karşılığı olan gerilim değerini Şekil 5’teki grafik çizdirilmiştir.

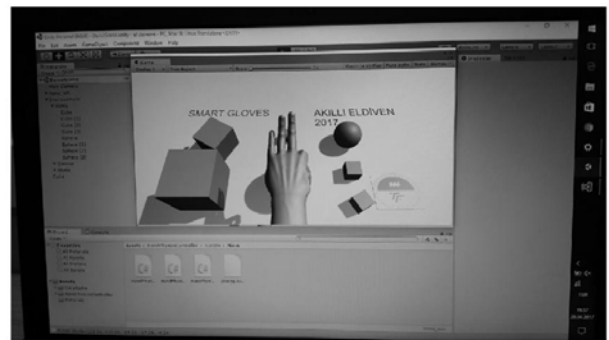


Şekil 5. Tüm parmakların açı-gerilim grafiği

Çalışma anında işaret parmağının bilgisayar simülasyonu ile eşzamanlı bükülme anı Şekil 6a ve Şekil 6b’de verilmiştir.



Şekil 6a. İşaret parmağının bükülme anı



Şekil 6b. İşaret parmağının bilgisayar simülasyonu ile eşzamanlı bükülme anı

5. Sonuç ve Değerlendirme

Yapılan çalışmada parmak bükülme açıları esnek algılayıcılar yardımıyla ölçülmüş ve ölçülen bu değerler ile kablosuz olarak bilgisayar ortamında bir simülasyon programındaki elin eşzamanlı olarak hareketi sağlanmıştır. Akıllı eldiven uygulamasının el rehabilitasyon sistemleri için rahatlıkla kullanılabileceği ve tedavi göreceği olan hastaya görsel geribesleme

sağlayacak olması rehabilitasyon hareketlerini sıkılmadan daha eğlenceli bir şekilde yapmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmanın devamında el simülasyonun görev odaklı(oyun vb) olarak planlaması ve tasarlanması ek donanım ile hastanın kas gelişim bilgilerinin kayıt edilebilir hale getirilmesi hedeflenmektedir. Bu sayede uzman kişi tarafından belirlenen rehabilitasyon hareketleri hastaya özel olarak seçilerek yaptırılabilir ve hastanın rehabilitasyon süreci kayıt altına alınmış olacaktır. Özellikle çocuk hastaların rehabilitasyon sürecine daha aktif katılımı sağlanırken diğer hastaların rehabilitasyon merkezine gitmeden uzaktan takibi mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] D. C. Irimia, M. S. Poboroniuc, S. Hartopanu, D. Sticea, G. Paicu, and B. E. Ignat, "Post-stroke hand rehabilitation using a hybrid FES-robotic glove," in *Electrical and Power Engineering (EPE), International Conference and Exposition on IEEE*, 356-359, 2016.
- [2] S.-W. Pu, J.-Y. Chang, Y.-C. Pei, C.-C. Kuo, and M.-J. Wang, "Anthropometry-based structural design of a hand exoskeleton for rehabilitation," in *Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP), 23rd International Conference on IEEE.*, 1-6, 2016.
- [3] L. Peng, Z.-G. Hou, L. Luo, L. Peng, W. Wang, and L. Cheng, "An sEMG-driven neuromusculoskeletal model of upper limb for rehabilitation robot control," in *Robotics and Biomimetics (ROBIO), IEEE International Conference on, IEEE*, 1486-1491, 2016.
- [4] S. Ganeson, R. Ambar, and M. M. A. Jamil, "Design of a low-cost instrumented glove for hand rehabilitation monitoring system," in *Control System, Computing and Engineering (ICCSCE), 2016 6th IEEE International Conference on IEEE*, 189-192, 2016.
- [5] J. Lee, W. Park, S. Kim, and J. Bae, "Design of a wearable hand rehabilitation system for quantitative evaluation of the stroke hand," in *Control, Automation and Systems (ICCAS), 2016 16th International Conference on IEEE*, 419-422, 2016.
- [6] Z. Ma, P. Ben-Tzvi, and J. Danoff, "Hand Rehabilitation Learning System With an Exoskeleton Robotic Glove," *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 24, no. 12, 1323-1332, 2016.
- [7] A. Elnaggar and D. Reichardt, "Digitizing the Hand Rehabilitation Using Serious Games Methodology with User-Centered Design Approach," in *Computational Science and Computational Intelligence IEEE (CSCI), 2016 International Conference on*, pp. 13-22, 2016.
- [8] L. Liu, X. Chen, Z. Lu, S. Cao, D. Wu, and X. Zhang, "Development of an EMG-ACC-based upper limb rehabilitation training system," *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 25, no. 3, 244-253, 2017.
- [9] G. Placidi, "A smart virtual glove for the hand telerehabilitation," *Computers in Biology and Medicine* vol. 37, no. 8, pp. 1100-1107, 2007.
- [10] M. Sivak, D. Murray, L. Dick, C. Mavroidis, and M. Holden, "Development of a low-cost virtual reality-based smart glove for rehabilitation," in *ICDVRAT, 2012*.
- [11] T. Nef and R. Riener, "ARMin-design of a novel arm rehabilitation robot," in *Rehabilitation Robotics, 2005. ICORR, 9th International Conference on, IEEE*, 57-60, 2005.