

ÜÇ EKSENLİ İVMEÖLÇER TABANLI BİR CİHAZ İLE TİTREME ŞİDDETİNİN NİCEL ŞEKİLDE ÖLÇÜLMESİ

QUALITATIVE MEASUREMENT OF TREMOR INTENSITY USING A THREE AXIS ACCELEROMETER BASED DEVICE

Fevzi Zengin, Oğuzhan Urhan, M. Kemal Güllü

Pervin İşeri

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Kocaeli Üniversitesi
fevzizengin@gmail.com , { urhano, kemalg } @kocaeli.edu.tr

Nöroloji Anabilim Dalı, Tıp Fakültesi
Kocaeli Üniversitesi
pervin.iseri@kocaeli.edu.tr

ÖZETÇE

Bu çalışmada esansiyel tremor hastalarının titreme şiddetinin nicel şekilde ölçülebilmesi için bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem, üzerinde üç eksenli ivmeölçer ve mikrodenetleyici ve bellek bulunan bir yüzük şeklinde tasarlanmıştır. İvmeölçerden 30 Hz örnekleme frekansında alınan 3 eksene ait ivme bilgisi 256 Mbit'lik flash içerisine kayıtlıdır. Bir adet 1000mAh kapasiteli 3V pil ile çalışan sistem 1 gün boyunca kayıtlı edebilmektedir. Yapılan kayıtlardan bilgi USB arayüz ile bilgisayara aktarılıp burada koşan bir yazılım tarafından nicel bir değere dönüştürülür. Böylece titreme şiddeti ölçümü nicel bir şekilde yapılabilmektedir. Geliştirilen sistemin maliyetinin düşük olması sistemin en büyük avantajlarından biridir. Sistemin prototipi geliştirilmiş olup hasta testlerine yakın zamanda başlanacaktır.

ABSTRACT

In this study, a system is developed to measure intensity of human essential tremor in a qualitative manner. The system has a ring shape and contains a three-axis accelerometer, microcontroller and memory unit. Three-axis acceleration data is sampled at 30Hz and stored in 256Mbit flash memory. The system is able to run along one day using single 1000mAh capacity 3V battery. The data collected is transferred to computer using USB interface to convert it to qualitative value. One of the most important advantage of the system is its low-cost. Prototype of the system is developed up to now and patient test will be performed soon.

1. GİRİŞ

Esansiyel tremor (ET) kolların ve başın postural tremoruyla karakterize olan ve erişkinlerde en sık görülen hareket bozukluğudur. Yetişkin dönemin en yaygın ve en az anlaşılmuş nörolojik bozukluğu olarak kabul edilmektedir. Toplumda görülme sıklığı farklı çalışmalarda değişmekle birlikte %1-6 arasındadır. ET'nin görülme sıklığı yaşla artmakla birlikte tüm yaş gruplarında ortaya çıkabilir. Kadın ve erkeklerde eşit oranda gözlenir. ET'nin karakteristik bulgusu olan 4-12 Hz'lik postural ve/veya kinetik tremorun frekansı zaman içinde azalırken genliği artar [1]. Bu durum fonksiyonel bozukluğun giderek artmasına neden olmaktadır. Esansiyel tremor;

mortalite artışına yol açmayan, yüksek bilişsel işlev bozukluğunun olmadığı monosemptomatik (tremor) bir bozukluk olarak tanımlanmış ve bu özellikleriyle benign bir hastalık olarak kabul edilmiştir. Fakat tremorun ilerleyici karakteri hastaların günlük aktivitelerini yapamaz duruma gelmelerine neden olmaktadır. Hastalık benign olarak bilinmesine rağmen semptomlar tipik olarak ilerleyicidir.

Esansiyel tremor tanısında kullanılan tanı yöntemleri öznel temele dayanan WHIGET (Washington Heights-Inwood Genetic Study of essential tremor) tanı kriterleri ve klinik değerlendirme ölçeği ile EMG incelemeleridir. WHIGET ölçeğine göre postural ve kinetik tremor 0-3 üzerinden ölçülmektedir. Değerlendirme 6 aşamadan oluşmaktadır. Postural tremor kollar öne uzatılmış halde değerlendirilirken kinetik tremor için 5 farklı iş uygulamalarıyla ölçüm yapılmıştır. WHIGET kriterlerine göre birey kesin ET, çok olası ET, olası ET veya normal olarak değerlendirilmektedir. Tremor ölçümü ise (0-3) pozitiflik üzerinden değerlendirilmektedir. (0 = yok, 1(+) = Düşük genlikli, genellikle görülen tremor veya intermittan tremor, 2 (+) = Tremor orta genliğe sahip (1-2 cm) ve sürekli; açıkça osilatuar, 3 (+) = Geniş genlikli (>2cm), şiddetli, sıçrayıcı tremor, güçlük çekiyor (döküyor veya kalemi tutamıyor).

Görece olan bu subjektif değerlendirme, muayeneyi yapan kişiler arasında farklı sonuçlar doğurmaktadır, dahası bu üç grup arasında olabilecek tremor şiddetini değerlendirmekten yoksun kalmaktadır. Bu tür bir değerlendirmenin handikaplarından bir diğeri de hastaların muayene sırasında heyecanlanarak tremor şiddetinin artmasına neden olmaları ve gün içinde değişik aktivite ve ruhsal durumları göz ardı edilerek değerlendirmenin yapılmasıdır.

Bu nedenle kinetik ve postural özellik gösteren tremorun daha objektif değerlendirilmesi ve gün içi aktivitelerle birlikte tremor şiddetindeki değişimlerin ölçülmesi amacıyla tremor holter akseleratörünün geliştirilmesi planlandı. Bu çalışmada amaç doktorlar tarafından WHIGET kriterlerine göre değerlendirilen tremor şiddeti ve genliğine ilişkin verilerin aynı hastalara 24 saatlik holter akseleratör uygulanarak uzun süreli elde edilen kayıtlarla karşılaştırılmasıdır.

2. GELİŞTİRİLEN SİSTEM

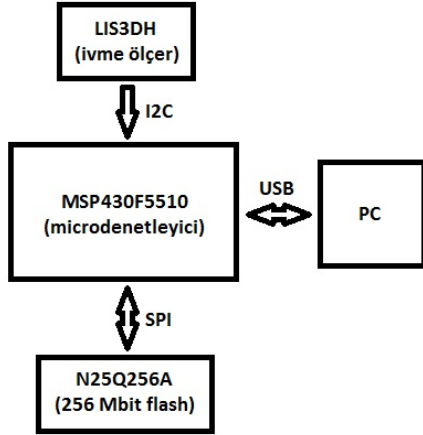
Bu çalışmada geliştirilen sistem gömülü çalışan bir veri toplama donanımı ile bu verileri bilgisayarda analiz edebilecek bir bilgisayar yazılımından oluşmaktadır. Aşağıdaki sistemin bu bileşenleri açıklanmaktadır.

2.1. Donanım

Geliştirilen sistemin blok diyagramı Şekil-1'de verilmektedir. Sistemin üç ana bileşeni bulunmaktadır. Bunlar; titreme olayını algılamayı sağlayan üç-eksenli ivme ölçer, ham ivme verilerin depolandığı NAND tipi flash bellek ve bu verileri seri bir veri iletim arayüzü (I2C) ile ivme ölçerden alıp seri arayüz ile çalışan flash tipi belleğe yazan düşük güç tüketen mikrodenetleyicidir.

Sistemde kullanılan her bir bileşen düşük güç tüketimi dikkate alınarak seçilmiştir. Kullanılan ivme ölçerin 50Hz frekansında çıkış verirken kaynaktan çekeceği akım 10µA civarındadır [2]. Öte yandan sistemin kontrolü için Texas Instruments firmasının MSP430 serisi bir mikrodenetleyicisi tercih edilmiştir. Bu mikrodenetleyici hem düşük besleme gerilimi ile çalışabilmesi hem de sağladığı çeşitli düşük güç tüketim modları ile düşük güç tüketimi gerektiren uygulamalarda öne çıkan bir mikrodenetleyicidir. Örneğin 8MHz çalışma frekansında yaklaşık 200µA/MHz'lik bir akım çekmektedir [3]. Düşük güç tüketim modlarında işlemcisi kaynaktan çekeceği akım 0.2µA'e kadar düşebilmektedir. Düşük güç tüketimi ile öne çıkan NAND tipi flash belleğin ise okuma-yazma durumunda kaynaktan çekilen akım 20mA civarındadır. Dolayısı ile sistemin kaynaktan çekeceği toplam akım 40mAh'nin altındadır. Sistemde CR2477 model numaralı 1000mAh kapasiteli 3V pil kullanılmaktadır. Bu durumda sistemin kesintisiz olarak 24 saat çalışabilmektedir.

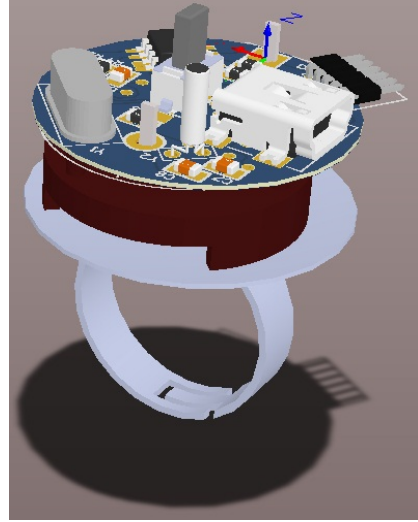
Geliştirilen sistemin tasarlanan görünümü Şekil 2'de, gerçekleştirilen görünümü de Şekil 3'de gösterilmektedir. Sistemin bir yüzüğe takılabilir hale getirilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir.



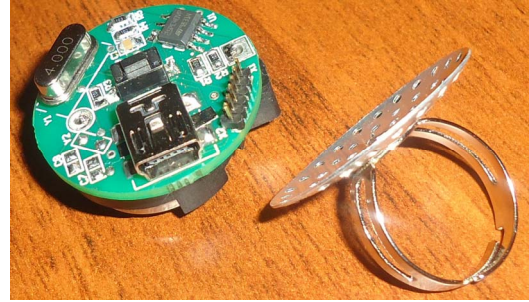
Şekil 1: Geliştirilen sistemin blok şeması.

2.1. Mikrodenetleyici Yazılımı

Sistemin mikrodenetleyici yazılımı 16 bitlik MSP430 üzerinde çalışacak şekilde C dili ile yazılmıştır. Mikrodenetleyici 12 bitlik işaretli ham 3 eksenli ivme bilgisini 30 Hz frekansında örnekleyerek hafızasına alır. Belirli bir örnek adedinden sonra elde edilen veriler flash içerisine tek seferde yazılır. Burada amaç flasha sürekli yazmayı engelleyerek harcanan güçten tasarruf sağlamaktır.



Şekil 2: Geliştirilen sistemin tasarlanan görünümü.



Şekil 3: Geliştirilen sistemin gerçekleştirilen görünümü

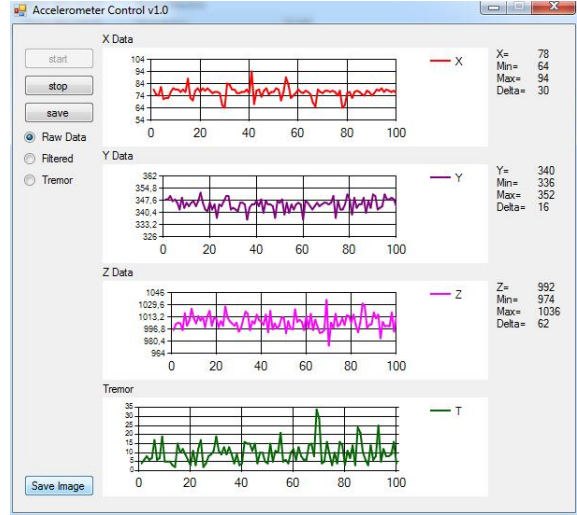
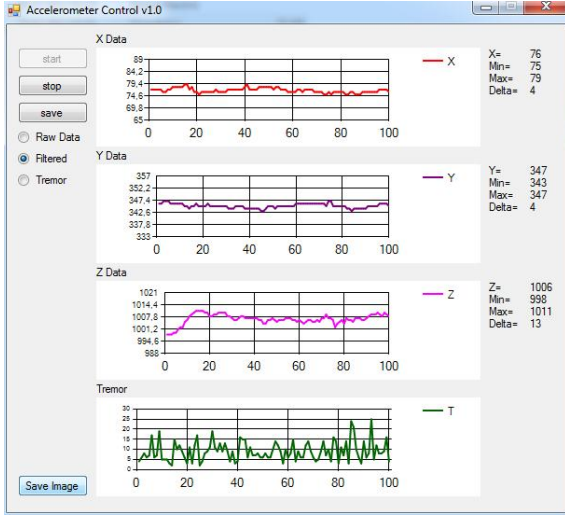
Mikrodenetleyici her ölçümü aldıktan sonra uyku moduna geçerek harcanan gücü mikroamperler mertebesine çeker. Her hasta için 2 adet ölçü cihazı tasarlanmıştır. Bu cihazlardan senkron bilgi alabilmek adına cihazlar üzerinde bir adet buton bulunmaktadır. Buton aracılığı ile sistem ilk enerjilendiğinde iki cihaz birbirine senkron hale getirilir. 1 gün ardından elde edilen toplam eksen verisi yaklaşık olarak 14 MB civarındadır. Bu verinin bilgisayara hızlı bir şekilde aktarılabilmesi için USB arayüz kullanılmaktadır.

2.2. Bilgisayar Yazılımı

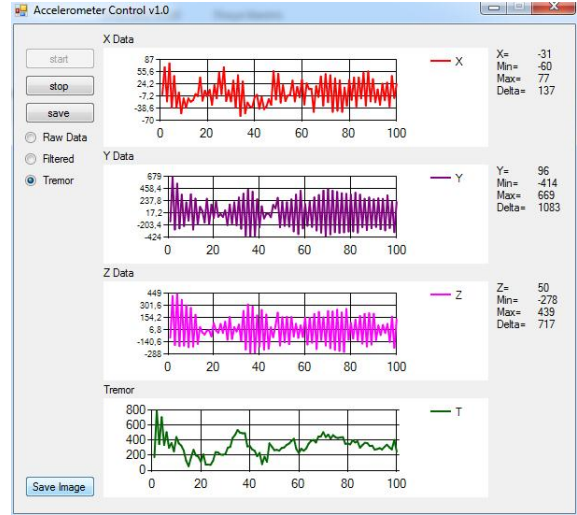
Bilgisayar yazılımı USB arayüzü ile aldığı verilerden nicel bir titreşim şiddeti bilgisi çıkarmaktadır. Elde edilen veriler alçak 20 örneklilik bir kayan ortalama (moving average) süzgecinden geçirilerek kasıtlı hareketler tespit edilmektedir. Sonrasında süzgeçlenmiş bu veri orijinal veriden çıkarılarak titreşim bilgilerinin ortaya çıktığı veri elde edilir. Titremeye ait bu verilerin nicel şekilde değerlendirilebilmesi için üç-eksenli ivme vektörünün normu (1)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$T(t) = \sqrt{acc_x(t)^2 + acc_y(t)^2 + acc_z(t)^2} \quad (1)$$

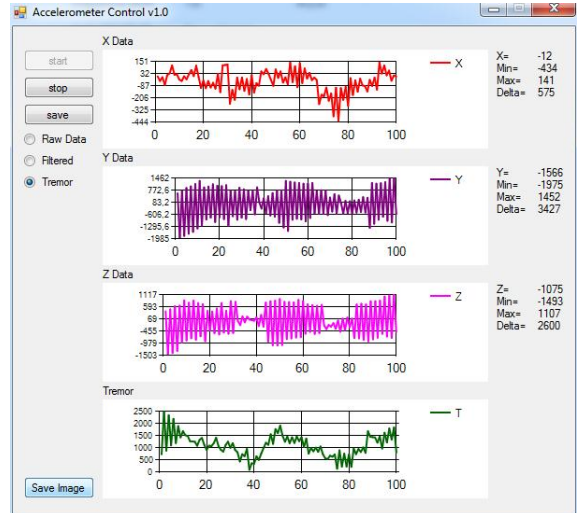
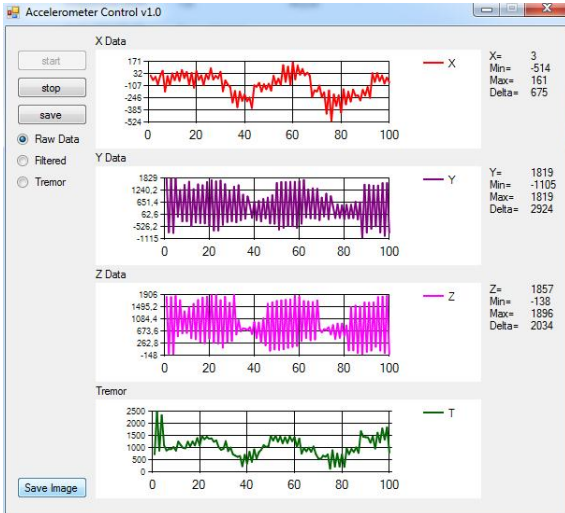
Tasarlanan sistemle alınan örnek bir ölçümün bilgisayar tarafında incelenmesini sağlayan programa ilişkin örnek bir ekran görüntüleri Şekil-4'de verilmektedir.



(a) Herhangi bir titreme olmaması durumunda elde edilen veriler



(b) Orta şiddette bir titreme hareketi durumunda elde edilen veriler



(c) Yüksek şiddette bir titreme hareketi durumunda elde edilen veriler

Şekil 4: Geliştirilen sistemin farklı titreme şiddetleri durumunda tepkisi

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada geliştirilen ivme ölçer tabanlı sistemin istenen şekilde çalışıp çalışmadığını test amacıyla farklı titreşim şiddetlerinde kayıt cihazı sallanmış ve kaydedilen veriler PC'ye aktarılarak geliştirilen arayüz yazılımı ile incelenmiştir.

Şekil-4'de bu çalışmada geliştirilen sistemle toplanan örnek veriler gösterilmektedir. Şekil-4(a)'da gösterilen iki örnek veride herhangi titreme hareketi bulunmamaktadır. Bunun doğal bir sonucu olarak ivme verilerinin genliği düşüktür. Buna paralel olarak vektör normu kullanılarak hesaplanan titreme şiddeti verisi de düşük genliklidir. Şekil-4(b)'de ise modül orta seviyede bir titreme hareketine maruz bırakılmıştır. Bu durumda ivme verilerindeki değişim ve titreme net olarak görülebilmektedir. Aynı durum için titreme şiddetini veren metriğin değeri ise 200-400 civarında değer almaktadır. Titreme şiddetinin iyice artırılması durumu ise Şekil-4(c)'de incelenmiştir. Bu durumda titreme ölçütü 500-2000 arasında değerler almakta ve titrememe oldukça şiddetli olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar ışığında geliştirilen sistemin titreme şiddetini ölçmek ve nicel olarak değerlendirmek amacıyla kullanılabilceği görülmektedir.

4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, ivmeölçer kullanılarak esansiyel tremor hastalarının titreme şiddetinin nicel şekilde ölçülebilmesi için oldukça düşük maliyetli bir sistem geliştirilmiştir. Sistemin prototipi üretilmiş ve ilk testleri tamamlanmıştır. Bundan sonraki aşamada sistemin bir kılıf içine alınarak yüzük formuna getirilmesi için mekanik çalışma yapılacak ve yüzük formdaki modül ile gerçek hastalardan veriler toplanacaktır.

Sonrasında doktorlar tarafından WHIGET kriterlerine göre değerlendirilen tremor şiddeti ve genliğine ilişkin verilerin aynı hastalardan toplanan ivmeölçer verileri ile karşılaştırılması yapılacaktır. Bu karşılaştırma sonucuna göre nesnel bir titreme şiddeti ölçüsü oluşturulacaktır.

5. KAYNAKÇA

- [1] E. Cichaczewski, J. M. Maia, P. Nohama, E. M. Novak, H. A. G. Teive and A. A. Assef, “*Elektronik Device to Help the Diagnosis of Parkinsonian an Essential Tremor*”, Health Care Exchanges (PAHCE):373-373, 2011.
- [2] “*LIS3DH Accelerometer sensor product datasheet*”, http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00274221.pdf
- [3] “*MSP430F5510 microcontroller product dataseet*”, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/msp430f5510.pdf>