Hassas Medikal Sıvı Akış Kontrol Otomasyonu

Sezgin ERSOY[a], Ercan COŞGUN[b], Sibel BİRTANE[c], Hayriye KORKMAZ[d]

[a] *M.Ü. Tek. Eğt. Fak. Mekatronik Eğitimi Bölümü, sersoy@marmara.edu.tr,*
[b] *M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi, ercancosgun@marun.edu.tr*
[c] *İst. Arel Ü. M.Y.O, Bilgisayar Teknolojileri ve Programcılığı Bölümü, sibelbirtane@arel.edu.tr*
[d] *M.Ü. Tek. Eğt. Fak. Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü, hkorkmaz@marmara.edu.tr*

Precision Medical Liquid Flow Control Automation

Abstract: *In this paper, remote controlling of a multi patient infusion system is performed with a PC based data acquisition system. A user interface is developed in LabVIEW 7.1 graphical platform.*

Özet: *Bu çalışmada bir ana bilgisayar üzerinden birden fazla hasta başı enjektör / infusyon sisteminin uzaktan kontrolü yapılmaktadır. Sistemin uzaktan kontrol işlemi LabVIEW 7.1 grafiksel geliştirme ortamında hazırlanan bir kullanıcı arayüzü ve bir veri toplama sistemi üzerinden gerçekleştirilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: PC based Data Acquisition; LabVIEW; Peristaltic Pump; Liquid Flow Control

1. Giriş

Sağlık alanında teknolojik uygulamalarda hassasiyet, güvenirlilik, süreklilik ve takip edilebilirlik vazgeçilmez özelliklerdir. Bu özellikler sağlık teknolojisi ürünlerinde ancak en son teknoloji takip edilerek sağlanabilir [1,2,3,4].

Mevcut uygulamalarda hastalara verilecek olan ilaç cinsinin, miktarının ve dozajının ayarlanması, hasta başı ünitelerden el ile ve bizzat her hastanın yanına giderek cihaz üzerinden yapılabilmektedir [5]. Bu çalışmadaki yenilik aynı anda birden fazla hastanın başına gitmeden gerekli ayarlamaların uzaktan bir PC üzerinden yapılabilmesidir. Bu çalışmanın mevcut sistemlerden farkı, sıvı akış kontrolü için kullanılan pompayı süren adım motorunun uzaktan denetlenebilmesidir.

Bu konu ile ilgili benzer çalışmalar incelendiğinde aşağıda sıralanan birkaç uluslar arası çalışmaya rastlanmış olmakla beraber, ulusal bir çalışmaya ulaşılamamıştır.

Diyabet hastaları için geliştirilmiş olan bir çalışmada hasta üzerinden alınan glikoz oranı, glikoz kalitesi gibi veriler değerlendirildiği bir algoritma oluşturulmuş ve buna bağlı olarak pompa hızı ayarlanarak, sistemin hastaya belirlenen oranlarda insülin enjekte etmesi gerçekleştirilmiştir. Böylelikle sistemin yapay bir pankreas gibi çalışması sağlanmıştır [6].

Hasta üzerinden kan basıncını ölçüp buna bağlı olarak hastaya gerekli ilacı otomatik olarak infüzyon eden sistem ile Ortalama Arteryel Kan Basıncını (MABP) azaltma yöntemi geliştirilmiş çalışmada, parametreler gerçek zamanlı olarak sistemden alınmış ve algoritma özyinelemeli işleyerek gerekli ilaç miktarını hesaplanmıştır[7]. Sonuç olarak otomatik olarak hastaya ilaç infüzyon eden sistemin kliniklerde de kullanılabileceği belirtilmiştir

Yukarıda bahsedilen ve bu bildiride sunulan sisteme benzer bir yapı oluşturulan başka bir çalışmada da, bir sıvı akış algılayıcısı kullanılarak ilaç dozajı kontrol edilmiştir. Ancak bu sistem sadece tümleşik olarak mikroişlemci kontrollüdür ve uzaktan denetim gerçekleştirilmemiştir. Diğer taraftan bir kullanıcı arayüzüne de sahip değildir [8].

Bu bildiride ise, mevcut olan enjektör/infüsyon sistemlerinin yetersizliklerine karşın teknolojik gelişmeler ve yenilikler göz önünde bulundurularak; bazı iyileştirmeler başarılmıştır. Mevcut olan sistemler sadece birim üzerinde kontrole sahip sistemlerdir. Geliştirilen sistem her bir bağımsız enjektör için zaman, hız, oran ve süreç gibi parametrelere göre sıvı ihtivasını sağlamaktadır.

2. Bulgular

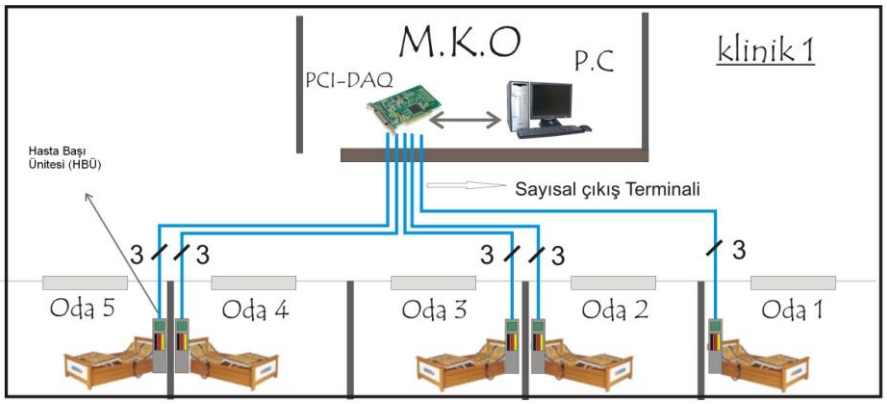
Sağlık alanında kullanılacak olan tüm mekanik ve elektronik sistemler, diğer endüstriyel alanlardaki uygulamalarda kullanılan sistemlere göre bazı üstünlükleri olmalıdır. Bu sistemler hayati önem taşımaktadır. Bu sebeple hassas sıvı akış kontrol sistemlerinde de aşağıdaki hatalar yer almamalıdır:

- Hatalı motor seçimi,
- Yanlış programlama,
- Kötü ve karmaşık tasarlanmış bir arayüz,
- Enjektör değişiminde oluşan zaman kayıpları,
- Arıza veren parçaların tamir veya değişikliğinin uzun sürmesi.

Dolayısı ile bu sistemin tasarımında bu noktalar göz önünde bulundurulmuştur. Mevcut sistemlerde tahrik elemanı olarak servo-motor kullanıldığı ve vidalı mil uygulamaları ile doğrusal hareketin gerçekleştiği görülmektedir. Burada ise daha hassas bir kontrolün sağlandığı adım motorlar kullanılmıştır.

Farklı sıvıların istenilen miktarlarda karıştırılması amacıyla kullanılan bu sistemlerde, motor sayısında ve sıvı haznesiyle beraber lineer hareket sisteminde artış olmaktadır. İlerleme miktarı yani motor hızı artırılıp, azaltılacağı gibi zamana bağlı ilerleme de sağlanabilmektedir. Dolayısı ile bu sistem için 3x5=15 adet adım motoru ve sürücüsü ile pompaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Şekil 1'den de görüldüğü gibi sistem iki ana bloktan oluşmaktadır: PC tabanlı bir veri toplama sistemi ve Hasta Başı Ünitesi-HBÜ. Bu iki blok arasındaki haberleşme mesafe 100 m'nin altında olduğu için direk kablolama ile sağlanmaktadır.

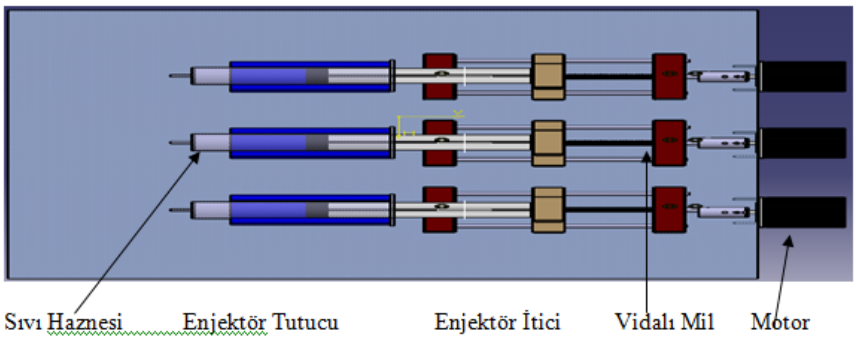


Şekil 1-Uzaktan Kontrollü Medikal Sıvı Akış Kontrol Otomasyonu

Hasta Başı Ünitesi (Hassas Sıvı Akış Kontrol Ünitesi)

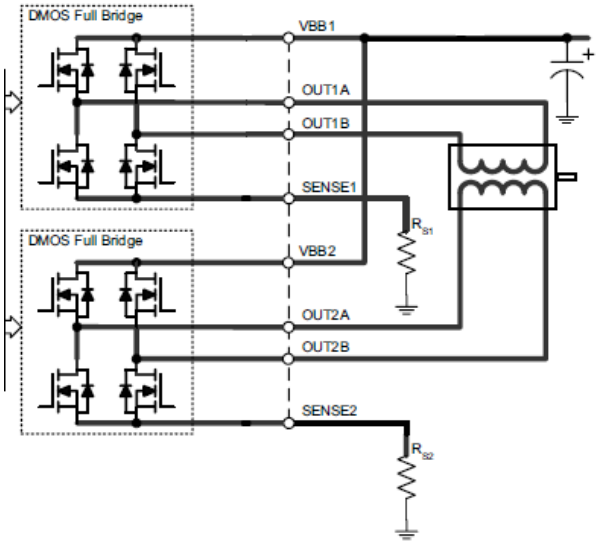
Bu bildiride "Hasta Başı Ünitesi-HBÜ" olarak adlandırılan blok, infüsyon sistemi ve tümleşik adım motoru [9], bu motoru süren sürücü birim [9,10] ve ana denetleyici birim ile bir dokunmatik ekrandan oluşmaktadır.

Bu çalışmada önerilen Şekil 2 de görülen hassas sıvı akış kontrol cihazı, özellikle biyo-medikal sektörü için tasarlanmıştır. Üç farklı sıvının (Bu çalışma boyunca sıvıdan kasdedilen ilaç tır.) aynı ya da farklı zamanlarda, farklı oranlarda hastaya nakledilmek istendiğinde saatte % 1 lik bir hata ile kullanılabilecek bir sistemdir. Hasta bakıcıdan, hemşireye hatta doktora kadar birçok sağlık çalışanına yardımcı olacağını düşünülen akış kontrol cihazı zaman, insan gücü ve kullanım avantajı sağlamaktadır. Hatta bu sayede belki de insan fizyolojisi gereği yapılacak bir hatayla, anlık olarak fazla ya da az dozda verilebilecek ilaçtan dolayı insan hayatına mal olacak kazalar engellenmiş olacaktır.



Şekil 2-Üç Çıkışlı Hassas Sıvı Akış Kontrol Ünitesi

Şekil 2'de görülen servo motorlar, Şekil 3 te görülen sürücü devre ile kontrol edilmektedir.



Şekil 3- Motor Kontrol Devresinin Açık Şeması[11]

HBÜ'nin uzaktan denetimi, sistemde kullanılan PCI tabanlı veri toplama kartının [11] sayısal çıkış terminalleri üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada 16 adet Sayısal Giriş/Çıkış (Digital I/O) kanalına sahip bir Veri Toplama Kartı (Data Acquisition Card -DAQ) kullanıldığından sistem 5 HBÜ kontrol edebilmektedir. Her HBÜ'ne 3 çıkış terminali bağlanmaktadır. Merkezi Kontrol Odasında (MKO) bulunacak ana bilgisayar üzerinden her hastanın odasında yer alan ünite sürülerek; her hasta için gerekli sıvı infüzyon işlemleri yapılabilmektedir. Ayrıca bu işlemler ile ilgili bilgiler depolanabilmektedir.

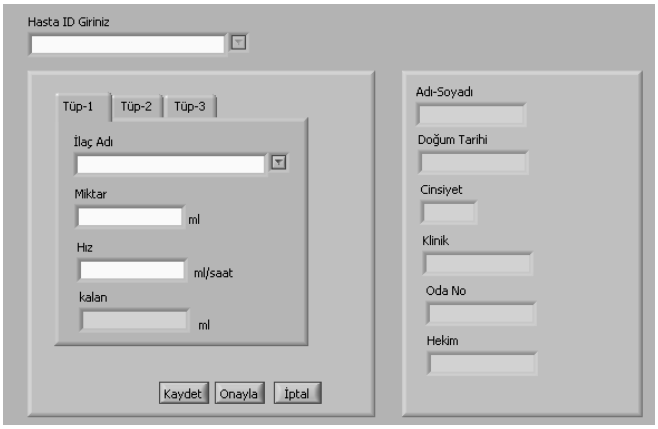
Dokunmatik Ekran

HBÜ uzaktan denetlenebildiği gibi istendiğinde klasik sistemlerde olduğu gibi ünitenin kendi üzerinde bulunan 3.2 inch lik dokunmatik bir TFT-LCD ekran üzerinden de kontrol edilebilmektedir. Sisteme parametrelerin girilmesi ve hasta bilgilerinin görüntülenebilmesi vb işlemler bu ekran üzerinden yapılabilmektedir. Ayrıca bu LCD sürücü kartı üzerinde bir SD-Card yuvası da bulunmaktadır. Böylelikle bilgisayardan bağımsız olarak ta SD-Card ile çok yüksek boyutlardaki veriler depolanabilmektedir. [12]

LabVIEW Yazılımı ile Kullanıcı Arayüzünün Tasarlanması

LabVIEW grafiksel programlama dili, National Instrument Firması tarafından üretilmiş ve LabVIEW ile entegre çalışabilen çeşitli donanımlar, bir çok mühendislik uygulamalarında veri toplama, analizi ve sunumu aşamalarında çok hassas ölçümler yapmayı sağlayan bir yazılımdır. LabVIEW, GPL metin tabanlı kodlama yerine tamamen sembolleştirilmiş komut setine sahiptir. Dolayısı ile komut ezberleme zorluğu ortadan kaldırılmıştır. Programcı, paletlerden ihtiyacı olan fonksiyonları alarak bir akış şeması oluşturur gibi yazılım üretebilmektedir.[13]

Şekil 4'te görülen kullanıcı arayüzü anabilgisayar üzerinde çalışmakta ve hastanın kimlik bilgileri vb bilgiler girilebilmekte, HBÜ si üzerinde bulunan her 3 tüp de ayrı ayrı kontrol edilebilmektedir. Tüpler üzerinden hastalara verilen ilaçlar bir veritabanında tutulmakta, kullanıcı (doktor, hemşire) sistem üzerinden hastaya ilaç vereceği zaman bu veritabanında bulunan ilacı seçerek, istenilen miktar ve hızda hastaya enjekte edebilmektedir. Yazılım her hasta odasındaki ünite ile haberleşebilmektedir.



Şekil 4-LabVIEW'de hazırlanmış Sistem arayüzü

Bu çalışmada kullanılan veri toplama sisteminin sayısal G/Ç terminali 16 adettir. Her ünitenin üzerinde 3 tüp bulunmakta ve her tüpe bir terminal bağlanmaktadır. Bir anabilgisayar ve bu bilgisayara bağlı veri toplama kartı ile 5 ayrı hasta bakıcı ünitesi ve bunlara bağlı tüpleri Tablo-1'de görüldüğü gibi ayrı ayrı kontrol edilebilmektedir.[8] Tablodan da anlaşılacağı üzere 15 nolu terminal kullanılmamaktadır.

Tablo 1- Odalardaki HBÜ'lerini Sürecek Sayısal Çıkış Terminal Konumları

	Oda 5			Oda 4			Oda 3			Oda 2			Oda 1			Açıklama
	Tüp53	Tüp52	Tüp51	Tüp43	Tüp42	Tüp41	Tüp33	Tüp32	Tüp31	Tüp23	Tüp22	Tüp21	Tüp13	Tüp12	Tüp11	
PC Tabanlı Veri Toplama Kartı Sayısal Çıkış Kanalları																
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Bağlantı yok	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	off	on	on	on	Sadece 1 nolu odadaki hastanın başında bulunan 3 tüp aktif durumda.
	on	on	off	off	off	off	on	on	off	off	off	off	off	off	off	3 ve 5 nolu odadaki hastaların başında bulunan 2'şer tüp aktif durumda.
	off	off	off	off	off	on	off	off	off	off	off	on	off	off	off	2 ve 4 nolu odadaki hastaların başında bulunan 1'er tüp aktif durumda.

3. Sonuçlar

Yapılan çalışma sağlık sektöründe insana bağlı hataları azaltan, önceden belirlenmiş çalışma aralığında sürdürülen ve birden fazla hasta için çoklu infüzyon sisteminin aynı anda merkezi bir yönetim tarafından LabVIEW aracılığı ile kontrolünün sağlandığı bir sistemdir. Sistemde hasta kimlik tanımlama, kullanılan

ilaçlara ait zamanlı miktar raporlaması avantajlardan birkaç tanesidir. Ayrıca sistem T.C Sağlık Bakanlığı İlaç ve Eczacılık Genel Müdürlüğü'nün internet sitesinde yayınlamış olduğu güncel ilaç listesinden[14] oluşan bir ilaç kütüphanesine de sahiptir. Hastaya verilecek ilaçların seçimi uzman doktor tarafından bu kütüphaneden yapılacak olup, sorumlu doktor dışında herhangi bir personel müdahale hakkına sahip olamayacaktır. Bu da bir güvenlik parametresi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sistem bir otomasyon üzerinden takip edilebildiği için bir sağlık çalışanın aynı anda birçok hastaya müdahalesi sağlanacağından personel ihtiyacında bir azalma veya bu personelin başka bir alanda kullanımı ile sağlık hizmetleri açısından faydalar elde edilebilecektir. Ayrıca arıza veya sistem üzerindeki olumsuz durumlar da merkez tarafından görülebilmekte ve hataya kısa sürede müdahale edilebilme şansı elde edilebilmektedir.

Bunun yanında önerilen sistem kliniklerde kullanıldığında kuruma ek bir maliyet getireceği de açıktır. Her klinikte orta performansta bir PC nin varlığı düşünüldüğünde, bu PC ye eklenecek ortalama 600 € luk bir veri toplama kartı ile 200 € luk HBÜ ve sürücü devresi ve HBÜ ler ile PC arası kablolama maliyeti ek donanım masrafları olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan akademik lisansı 1800 $ + KDVolan [15] LabVIEW yazılımı için eklenecek maliyet de düşünüldüğünde (Kliniklerin akademik sürüm kullanmaları uygun değildir. Ancak belki sağlık kuruluşları için de özel bir fiyat elde edilebilir. Bu yazılımın bedeli yaklaşık 9000 TL'dir.) bu bir dezavantaj olarak gözükmektedir.

4. Kaynakça

[1] Sezgin Ersoy; "Otomatik Kontrol Semineri Notları"; TMMOi 2009, İstanbul.
[2] Lorenzi NM. New York Springer Verlag 1995.
[3] Braude R M. People and Organizational Issues in Health Informatic. J. Am Med Inform Assoc. 1997 Mar Apr 4(2): 150 -151.
[4] N. Zayim; "Tıp bilişiminde Teknolojik Değişim Yönetimi: İnsan ve Organizasyona İlişkin Konular"; 2. Ulusal Tıp Bileşim Kongresi / Medical Informatics; pp: 73; 2005 Turkey.
[5] Alaris® Auto-ID Module product brochure , http://www.carefusion.com/ products-and-services/ products-services-categories/ infusion/ alaris-auto-id-module.aspx
[6] "Computer-Aided Continuous Drug Infusion:Setup and Testofa Mobile Closed-Loop System for the continuous automated infusion of insulin." IEEE Transaction on Informatıon Technology in Biomedicine,Vol.10,no.2, April 2006.
[7] Jianwei Mia "Automatic Drug Infusion System Usıng Self-Tuning Adaptive Controller", 1991.
[8] M. Goetz, S. Messner , M. Ashauer and R. Zengerle, "Precise Dosage System for Ccontrolled Liquid Delivery Based on Fast Mems Based Flow Sensor " , IEEE Transducers 2009,Denver, USA
[9] http://www.tradekey.com/product_view/id/834020.htm (Erişim tarihi: 01.09.2010)
[10] A3982 DMOS Stepper Motor Driver with Translator, Data Sheet,Allegro MicroSystems, Inc.
[11] DAQBOARD-2000 Series User Guide, IOtech Inc.
[12] http://www.eetimes.com/electronics-products/other/4080003/3-5-in-QVGA-TFT-LCD-suits-next-generation-media-rich-handheld-applications (Erişim tarihi: 01.09.2010)
[13] http://www.e3tam.com/temsilcilikler/ni/labview.htm (Erişim tarihi: 01.09.2010)
[14] http://www.iegm.gov.tr/Default.aspx?sayfa=fiyat_listesi (Erişim tarihi 25.09.2010)
[15] "National Instruments Birlik sok. Akyıldız sitesi24/B Blok No:7 Besiktaş/IST" adresli firmadan 11.08.2010 tarihinde alınmış proforma fatura.

5. Sorumlu Yazarın Adresi

Doç. Dr. Hayriye Korkmaz. Marmara Üniversitesi, Tek. Eğt. Fak. Elektronik-Bilgisayar Eğt. Böl. D Blok 513 nolu oda, Göztepe Yerleşkesi, İstanbul, TURKIYE.
E-posta: hkorkmaz@marmara.edu.tr, URL: mimoza.marmara.edu.tr\~hkorkmaz