



Sanal Gerçeklik Tabanlı Robotik Cerrahi Benzetimi Surgical Operation Simulation Based on Virtual Reality

Ahmed R.J.Almusawi,¹ L.Canan Dülger², Sadettin Kapucu²

¹Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Bağdat Üniversitesi, Bağdat, Irak
ahmed.almusawi@mail2.gantep.edu.tr

²Makine Mühendisliği Bölümü, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye
{dulger, kapucu}@gantep.edu.tr

Özetçe—Çalışmada cerrahi görselleştirme (sanal toraskopi) için robot kolu ve sensör bütünleşimi ile sistemin sanal gerçeklik modeli oluşturulmuştur. Robotik sistem ve sanal gerçeklik modeli gerçek zamanlı olarak uygulanmıştır. Durum çalışmalarında tıbbi uygulamalar seçilmiş, Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi, özellikle Göğüs Cerrahi Bölümü ile birlikte farklı senaryolar üzerinde çalışılmıştır. Göğüs cerrahisinde yapılan farklı yörengeler çalışmaları detaylandırılarak gerçek zamanlı denetim sağlanmıştır. Burada örnek bir hareket gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler — *haptik teknoloji, sanal gerçeklik modeli, insan robot etkileşimi.*

Abstract—Virtual reality model (VRM) of robotic arm is built in this study for the purpose of surgical simulation (virtual thoracoscope). Control of robotic arm with sensors is performed. Robotic arm and Virtual reality model are operated together in real time. Case studies are based on medical applications especially on Thorascopic Surgery in Gaziantep University, Medical Faculty. Different scenarios are implemented especially on thorascopic surgery in real time. An example is included herein.

Keywords — *Haptic technology, virtual reality model, human robot interaction .*

I. GİRİŞ

Haptik sistemlerin sağlık uygulamalarında kullanımı her geçen gün artarak devam etmektedir. Özellikle cerrahi eğitimde dokunsal geri bildirim içeren ameliyat simülatörleri görülmektedir. Bu sistemlerde dokunsal algılaya ve karar verme kuvvet-konum bağlantısı kurarak ortaya çıkmaktadır. Haptik denetim tabanlı görsel uygulamalarda farklı yapılanmalar mevcuttur. Özellikle sanal gerçeklik sağlık sektöründe cerrahi benzetim, psikolojik tedaviler, robotik cerrahi, rehabilitasyon gibi alanlarda kullanılmaktadır. Sanal gerçeklik ile bilgisayar destekli cerrahi, görselleştirme (sanal endoskopi), rehabilitasyon ve eğitim yapılabilmektedir [1-4]. Tıp

eğitiminde kullanılan benzetim uygulamaları farklıdır. Yüksek teknoloji içermeyen, üç boyutlu organ modelleri, temel eğitimciler, insan kadavraları, hayvan modelleri kullanılmaktadır. Diğer taraftan yüksek teknoloji içeren görüntüye dayalı, gerçekçi ve aslına uygun benzetimler, gerçekçi interaktif hasta benzetim uygulamaları ve sanal gerçeklik ve dokunmatik sistemler yer almaktadır. [4], Son grupta bulunan; cerrahi benzetim uygulamaları 4 kısımdan oluşmaktadır; operator (cerrah), haptic cihaz, hasta modeli ve görsel arayüzey. *SimSurgery* gibi sanal platformlarda eğitim amaçlı kullanılmaktadır [5].

Sunulan çalışmada robot kolunun uç kısmında kullanılmakta olan 6 eksenli ölçüm yapabilen kuvvet/tork sensörü ile Matlab/Simulink ile gerçek zamanlı olarak konum, hız, kuvvet ve tork ölçümleri yapılabilmektedir. Robot kol sisteminin ve programının haptik teknoloji ile birleştirilmesi sağlanmıştır. Çalışmada robotun sanal ortamda gerçek zamanlı olarak denetimi sağlanmıştır. Proje içeriği üç parçadan oluşmaktadır. Birinci kısımda Robot kurulumu (VP06 Denso) ve yazılımı ile sistem bütünleşimi tamamlanmıştır. Tork-kuvvet sensörü ve robot tutucu kısmı 6 eksenli çalışır hale getirilmiştir. Matlab programı ile gerçek zamanlı olarak kullanılabilir. Halen kinematik analiz ve benzetim çalışmalarına Makine Müh. Bölümü Mekatronik Laboratuvarında devam edilmektedir. Robot-insan iletişimde kuvvet/tork sensörü kullanılmış, sistem bir arayüzle birlikte çalıştırılmıştır. Çalışma içeriğinde Matlab Robotik araç kutusu [6] ve Matlab Sanal Gerçeklik araç kutusu kullanılmıştır [7]. Çalışmalarda yine robotun kinematik analizi ile benzetimi yapılmıştır. Kinematik analizde ters-düz kinematik ve kullanılacak yörengelerin tasarlanması oldukça zahmetli bir kısım olarak yer almıştır. Sanal gerçeklik modeli ile robotun gerçek zamanlı çalışmasında robotik cerrahi benzetimleri yapılmıştır. Burada göğüs cerrahi uygulaması ve eğitimi temel alınmış, hazırlanan model üzerinde gösterilmiştir.

Sistem Modelleme 1

1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe

Sunulan çalışma halen devam eden bir doktora çalışmasının bir kısmını içermektedir. Konuyla ilgili araştırma projesi tamamlanmıştır. Birinci kısımda haptik sistemlerin tanıtımı, ikinci kısımda deneysel robot sisteminin anlatılması ve denetimi, sanal gerçeklik modeli ile sistem kinematığı ve sonuçlar yer almaktadır. Sistem benzetiminden ve sensörden alınan kuvvet sonuçları gösterilmiş, örnek bir hareketin öğretilmesi ve sistem cevabı sunulmuştur.

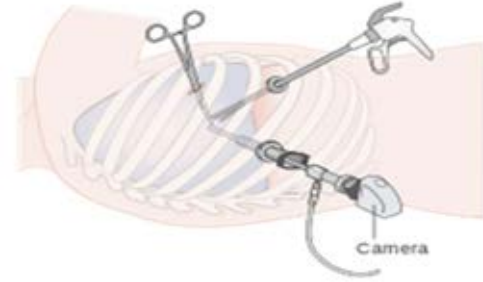
II. ROBOTİK SİSTEM TANIMLANMASI

Çalışmada kullanılan robot kolu 6 serbestlik derecesine sahiptir. Kolun denetiminde 6 mutlak encoder bulunmaktadır [8]. Taşıma kapasitesi 2 kg olup, robot kolu kullanım gereğine göre duvara veya tavana monte edilebilmektedir. Robot ile ucuna bağlanmış olan aparat 6 eksenli robot ve 6 eksenli kuvvet/tork alınarak denetlenmektedir. Kuvvet/Tork (K/T) sensörü çoklu eksenli gereken F_x , F_y ve F_z kuvvetlerini, T_x , T_y , ve T_z torkları ölçebilmektedir. K/T sistemi aynı zamanda Ethernet aracılığıyla iletişim sağlamaktadır. Kuvvet/Tork(K/T) sensörü robot ile tutucu arasında bağlanmıştır. Robot tutucu sistemi ise robotun uç kısmında bulunmaktadır. Şekil 1'de robot koluna eklenen K/T sensörünü eksenleriyle göstermektedir. Uygulamada 5-50 N tutucu aparat tutma kuvveti ve 5 m/s^2 ivmelenme değerine sahiptir. Ayrıca $118 \times 32 \times 78 \text{ mm}$ boyutlarındadır. Ağırlığı ise 550 gramdır. Şekil 1'de robot kolu ve eksenler gösterilmektedir. Parmak yapılanması gibi bir objeyi rahatlıkla tutabilmektedir.

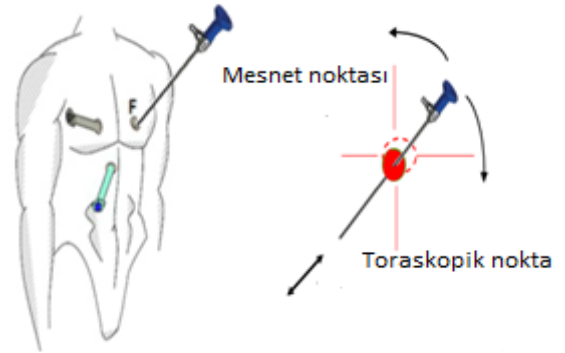


Şekil 1. Robot Kolu – Kuvvet/Tork Sensörü

Çalışmada toraskopik kamera kullanılmaktadır. Cerrahi operasyonlarda toraskopik kameranın hareket yeteneğini göstermek amacıyla aşağı-yukarı, sola-sağa hareket senaryoları çalışılmıştır. Operasyonlarda 3 nokta ile hasta vücuduna giriş yapılmaktadır. Şekil 2'(a) da bu amaçla kullanılan noktalar gösterilmektedir. Mesnet noktası temelinde konumlanma yapılmaktadır. Amaç cerrahın operasyon sırasında kameraya farklı konumlar vermesidir. Uç kısmın konumlanması (tutucu veya toraskopik kamera) için homojen dönüşüm matrisi kullanılmaktadır. Burada matrisdetayları verilmemiştir. Toraskop ise tüp biçiminde bir aparat olup uç kısmında kamera bulunmaktadır. Operasyon sırasında ucundaki kamera ile vücutun iç kısımları incelenmekte ve izlenebilmektedir. Kullanılan bu enstrüman 30° bir açı ile hareket edebilmektedir. Şekil 2.(a)'de cerrahi işlem için hazırlanan denetim noktaları gösterilmektedir.



(a) Toraskop Kontrol Noktaları [9]



(b)

Şekil.2. Mesnet noktası-Toraskopik nokta

Robot kolunun matematik modeli ise SimMechanics MATLAB/Simulink kullanılarak oluşturulmuş, Şekil 3'de gösterilmiştir. Modelde tutucu kısım, kuvvet/tork (K/T) sensörü ve üç boyutlu yazıcıdan bastırılan parçadan (2 parça) oluşmaktadır. Birinci kısım robot kolunun ucuna takılmıştır. İkinci kısmı ise toraskopik kamerayı örneklemektedir.

Sistem Modelleme 1

1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe



Şekil 3. Robot kol modeli

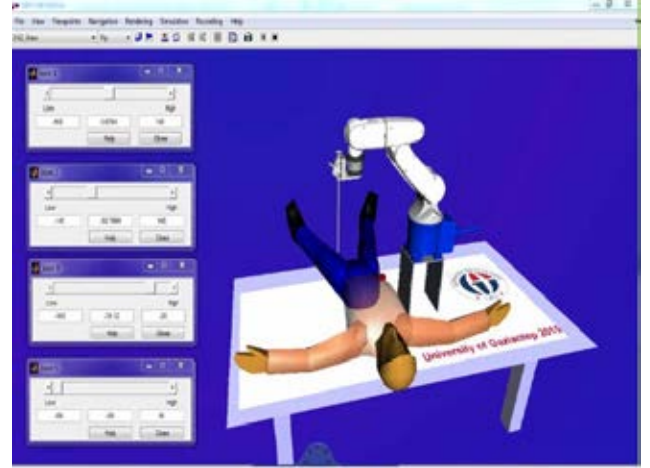
III. ROBOTİK SİSTEMİN SANAL GERÇEKLİK MODELİ

Video destekli toroskopik ameliyat (VDTA) uygulamalarında [10-12] hastanın göğsünden önceden belirlenmiş bir noktadan girdirilen küçük kamera ile iç kısımlar, akciğerler incelenebilmektedir. Deneyler analitik çalışmalar tamamlandıktan sonra yapılmıştır. Robotik toroskopik kamera benzeri tasarlanan aparat robotun üzerine takılmış, ve endoskopik hareketler bir program çerçevesinde uygulanmıştır. Toroskop trokar noktasından içeri girdirilmiş, plastik vücut modeli temelinde gerektiği kadar insan vücudu örneğinde içeride hareket ettirilmiştir. Burada tasarlanan hareket yukarı-aşağı, sağ-sol, dönme olarak yaptırılmıştır. Şekil 4'de sistemin sanal gerçeklik modeli ile gerçek robotik sistem birlikte gösterilmiştir. İstenilen hareketler mesnet (fulcrum) noktası değiştirilerek çeşitlendirilebilmektedir. Ek olarak burada aparatın trokar noktasında oryantasyonu değiştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 4. Sanal Gerçeklik-Gerçek Sistem

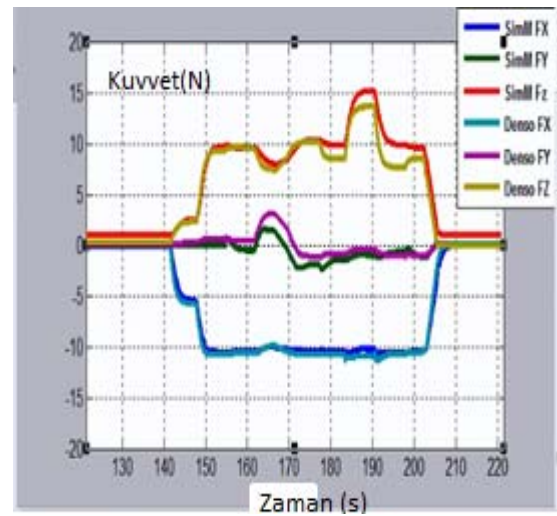
Şekil 5'te bu amaçla yazılan eğitimde kullanılabilir konumlama arayüzü yer almaktadır.



Şekil 5. Sanal Gerçeklik ve Arayüz

IV. ROBOTİK SİSTEMDEN KUVVET ÖLÇÜMÜ ALINMASI

Simulink model üzerinden sistem parametreleri kullanılarak alınan çözüm ile Denso robot üzerinde kuvvet sensöründen zamana göre değişen kuvvet değerleri alınmıştır. Şekil 6'da her üç eksenenden alınan model ve gerçek sonuçlar gösterilmektedir. Oluşturulan model ile K/T sensöründen her üç eksenende alınan gerçek sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmüştür. Halen laboratuvar ortamında farklı uygulamalar için kuvvet/tork ölçümleri alınabilmektedir.

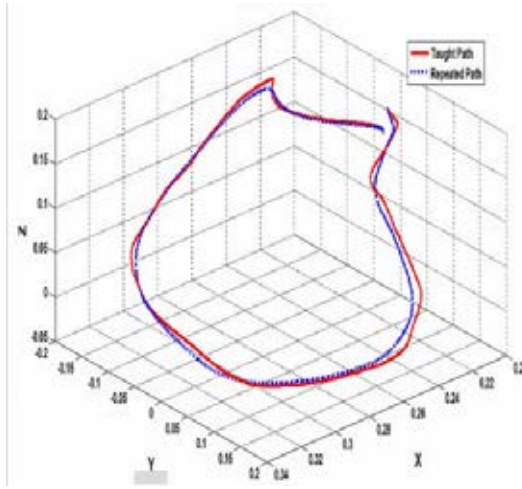


Şekil 6. Sensörden ve Benzetimden alınan kuvvet ölçümleri

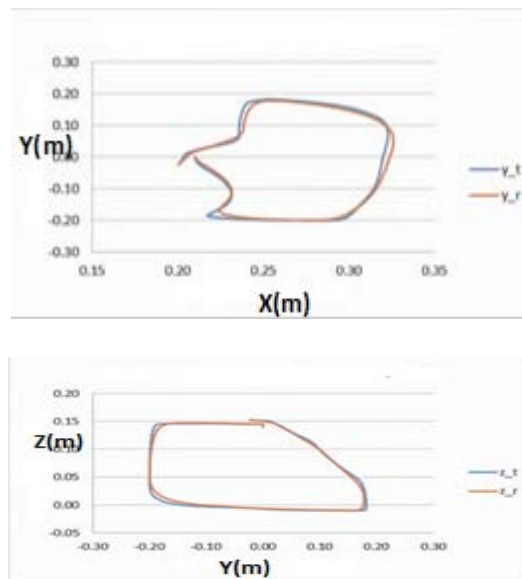
Sistem Modelleme 1

1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe

Aynı çalışma içeriğinde robotik öğretilen robotun gerekli bir yörüngeyi takip etmesi ve istenildiğinde tekrarlanması olacaktır. Böylece eğitim amaçlı çalışmalarda kullanılması ve öğreticinin yapısını izlemesi olası olacaktır. Yine bu öğretilen işlemlerinde yapay zeka tekniklerinin uygulanması sistem performansını olumlu olarak etkilemiştir. Bu amaçla yapay sinir ağları kullanılarak yapılan çalışmalar devam etmektedir. Burada benzetim tabanında hareketler ise 3 boyutlu düzlemde operatör vasıtasıyla gerçekleştirilecektir. Şekil 7'de öğretilen ve tekrarlanan yörünge üç boyutlu olarak gösterilmiştir. Burada kırmızı renkle gösterilen eğri operatör (cerrah) tarafından öğretilen, mavi eğri ise yapılandır. Farklı hareket senaryolarında denenebilmektedir. Şekil 8'de 2 eksende gösterilmektedir.



Şekil 7. Öğretilen ve tekrarlanan yörünge.



Şekil 8. Öğretilen-Yapılan hareket (X-Y) ve(Y-Z)

V. SONUÇLAR

Uygulama temelinde robot-sensör bütünleşimi ve yazılım çalışmaları yapılmıştır. Tıbbi uygulama temelinde 3 boyutlu yazıcı ile yeni aparatlar tasarlanıp üretilmiştir. Laboratuvar ortamında robot ve benzetim modeli birlikte ile birlikte kullanılmıştır. Seçilen cerrahi dal göğüs cerrahisi olup, toraskopik uygulama örnek alınmıştır. Çalışma disiplinlerarası olduğu için gerek yörüngelerin tasarlanmasında, gerekse hareketlerin uygulanmasında Tıp Fakültesi'nden destek alınmıştır. Uygulamaların çeşitlendirilmesine devam edilmektedir. Öğrenme tekniği olarak yapay sinir ağları denenmiştir.

VI. TEŞEKKÜR

Projenin maddi kaynağı Gaziantep Üniversitesi Araştırma Projeleri Yönetim Biriminin (BAP) MF 14.02 kodlu projesinden sağlanmıştır. Gaziantep Üniversite Rektörlüğü'ne teşekkür ederiz. Çalışma esnasında sağladığı desteklerden ötürü Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Cerrahi Anabilim Dalında görevli Öğretim üyesi Sayın Prof.Dr.Maruf ŞANLI'ya teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1] 'Haptics for Tele Surgery', <http://www.brl.ac.uk/research/theme/medicalrobotics/hapticsfotele-surgery.aspx>
- [2] www.electricport.com, 14.06.2016
- [3] Ö.Selvi, T. Bilgincan, Y. Kant, M.İ.C.Dede, 'Tıbbi Uygulamalar için Özgün Yapılı Haptik Cihaz Tasarımı', IEEE-2009
- [4] Mıdık Ö., Kartal M., 'Simülasyona Dayalı Tıp Eğitimi', *Marmara Medical Journal*, 2010, 23(3), s. 389-399.
- [5] www.simsurgery.com
- [6] Corke P., 'Robotic Toolbox for Matlab', 2011
- [7] 'Virtual Reality Toolbox -For Use with MATLAB and Simulink' (User's Guide-V4)
- [8] '6 DOF Denso Open Architecture Robot', <http://www.quanser.com/products/denso>, 2013.
- [9] Krishna, A.R, Bala G.S., 'Design and Implementation of a Robotic Arm Based on Haptic Technology', *Int. J. of Eng. Research and Apps (IJERA)*, Vol.2, 1.2, 2012, p.3098-3103.
- [10] Chintamani K., Overgaard T., Tan C.A., ellis R.D, Pandya A., 'Physically-based Augmented Reality for Remote Robot Tele-Operation': Applications in Training and Simulation', *Pr. Of the 2008 Ind. Eng. Res. Conf.*, p.977-982
- [11] Ali Hassan-Zahraee, Benoît Herman and Jérôme Szewczyk, "Mechatronic Design of a Hand-Held Instrument with Active Trocar for Laparoscopy", *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, 2011.
- [12] Syed A.A., Duan X., Kong X., Li M., Wong Y., Huang Q., 'Maxiofacial Surgical robotic Manipulator controlled by Haptic Device with Force Feedback', *Pr. of 2013 ICME, Int. Conf. On Complex Medical Eng.*, Beijing-China, p.363-368.