

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ
FESTİVALİ

İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI
PROJE DETAY RAPORU

PROJE KATEGORİSİ: Sağlık ve İlk Yardım

PROJE ADI: Sanal Gerçek Destekli 3 Boyutlu Mikro Tele Operasyon Sistemi

TAKIM ADI: KaMu1983

TAKIM ID: T3-27671-151

TAKIM SEVİYESİ: Lise

DANIŞMAN ADI: Gülseren COŞKUN

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Projede teleoperasyon ve sanal gerçek teknolojileri birleştirilerek kullanıcının uzaktaki bir nesneyi değişik açılardan 3 boyutlu olarak görmesini ve bu nesneye müdahale etmesini sağlayan bir sistem geliştirilmiştir. Sistem kullanıcının elini ve tuttuğu bir cımbızı 7 eksenli bir mekanik takip sistemiyle izler ve kullanıcının hareketlerinin 7 eksenli (ama daha küçük ölçekli) bir robotik kol sistemini eş zamanlı olarak çalıştırır.

Teleoperasyon sistemleri genel olarak cihazları uzaktan çalıştırmak tehlikeli veya ulaşılması zor ortamlarda robotların uzaktan kontrolle iş görmelerini sağlamak için kullanılır. Sanal gerçek sistemleri ise kullanıcının kafa pozisyonunu takip edip 2 ayrı göze doğru paralaksı ayrılmış 2 görüntü vererek kullanıcıya sanal bir ortama dahil olma hissini verir. Geliştirilmiş olan sistemin amacı kullanıcı için makroskopik dünya ile mikroskopik dünya arasında sezgisel bir bağlantı kurmak ve kullanıcının kendin mikroskopik dünyaya dahil olduğunu hissederek serbest bakış açısı ile bu dünyaya müdahale edebilmesini sağlamaktır.

Geliştirilmiş olan sistemin benzerleri robotik cerrahi sistemlerinde, tehlikeli ortamlarda kullanılan bomba imha robotlarında, denizaltı ve uzay gibi ulaşılması zor ortamlardaki keşif araçlarında kullanılmaktadır. Yaratılmış olan sistemin mevcut sistemlerden farkı mikroskopik dünyada tele operasyonu kullanıcıya ortama dahil olma hissi vererek sağlamaktır. Bu kafa takip ve 3D görüntüleme sistemlerini kullanarak gerçekleştirilmektedir. Projenin şu anki hali $\frac{1}{2}$ ölçekte küçültülmüş bir sistemin hareketini sağlamaktadır ama nihai hedef robotik kol ve cımbız sistemlerinin mikroskopik boyutlara mikromanipülatör teknolojileri kullanılarak indirgenmesidir.

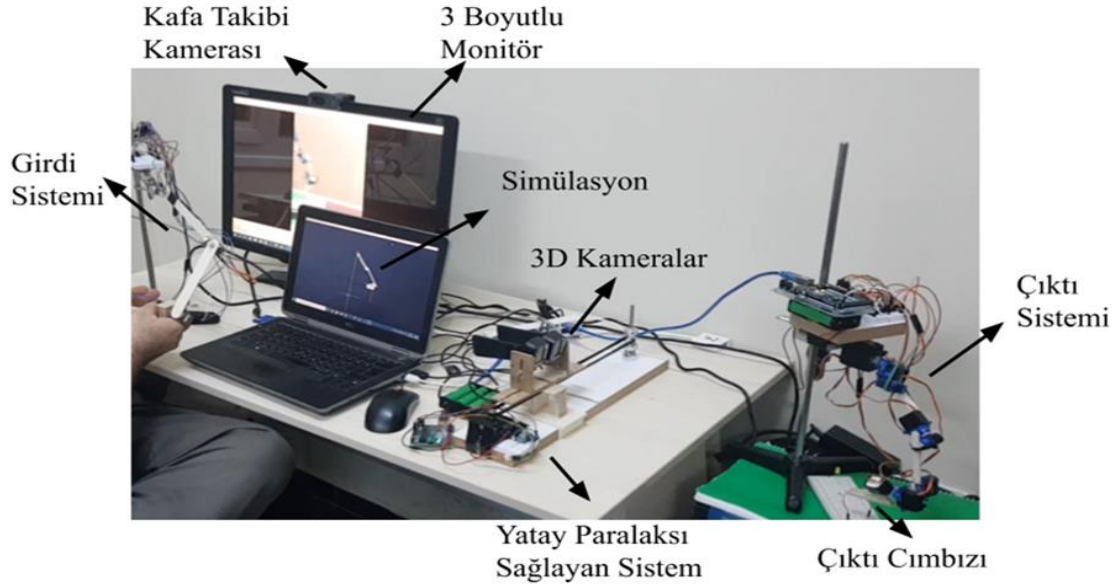
2. Problem/Sorun:

Günümüzde sanal gerçeklik teknolojileri gelişmeye ve daha çok kullanılmaya başlanmıştır (Sherman 2018). Bu teknoloji ile telepresence sistemleri birlikte çalıştığında kullanıcı kendini farklı bir yerde gibi hissedebilmekte ve kullandığı cihazın algıladıklarını algılayabilmektedir. Bu sistemlerle yapılan işlemlere teleoperasyon adı verilmektedir. Bu sistemler robotik cerrahi, bomba imha ve dronelerin kontrolü gibi alanlarda kullanılmaktadır. Bu sistemlerin görüntülenmesi ve sanal gerçekliğin sağlanması için ise 3 boyutlu görüntüleme kullanılmaktadır. Fakat bu sistemlerin sağlık alanında kullanılan bazı örneklerinde görüntüye bakılması için kafanın sabit bir noktada durması gerekmektedir ve bu sebepten dolayı kameraların kafa hareketine göre değil el ile manuel hareket ettirilmesi zorunlu olmaktadır (Lanfranco, 2004). Bu durum kafanın doğal hareketini engellediği için 3 boyutlu görüntülemenin bir prensibi olan paralaksın tam olarak sağlanamamasına sebep olmaktadır. Ayrıca bu sistemlerin maliyetleri çok fazladır ve bu yüzden bu sistemler günlük hayatta fazla kullanılamamaktadır.

3. Çözüm

Bu projede serbest kafa takipli ve sanal gerçek destekli 3 boyutlu mikro teleoperasyon sisteminin yapılması hedeflenmiştir. Bu sistemle insan elinin tutamayacağı kadar küçük boyuttaki nesnelere ile daha kolay ve daha hassas bir şekilde etkileşime geçilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca 3 boyut ve kafa takibi sistemi sayesinde

etkileşime geçilmek istenen nesnenin varmış gibi hissettirilmesi hedeflenmiştir. Çoğu teleoperasyon sisteminde kafanın hareketine göre değil manuel hareket ettirilen kameraların, bu sistemde kafanın konumuna göre hareket ettirilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede gözün 3 boyutu algılaması için gerekli olan yatay eksendeki paralaks sağlanacaktır. Ayrıca projenin şu anki teleoperasyon sistemlerine göre maliyeti çok daha az olacaktır. Sistemin sağlık, savuma, endüstri ve otomasyon gibi alanlarda şu anki sistemler yerine kullanılması amaçlanmaktadır.



Şekil 1. Tele operasyon sisteminin prototipi

Kullanıcı sistemi kullanmaya başlamadan önce sistem yardımıyla incelemek istediği cisim robot kolun erişebileceği bir konuma yerleştirmeli ve üç boyutlu gözlük ile üzerinde barkod bulunan şapkaı takmalıdır.

Robot kolun girdi sistemi uç kısmından tutularak hareket ettirilir. Bu kısım hareket ettirildiğinde veriler bilgisayara aktarılır ve bilgisayarda potansiyometreden gelen veriler girdi sistemi için görselleştirilir. Bunun ardından işlenen verilerin değerleri robot kolun çıktı sistemindeki servo motorlara aktarılır. Uçtaki cımbızın sıkılması ve gevşetilmesi ile çıktı sistemindeki cımbız ile nesnelere tutulabilir. Stereoscopic Multiplexer ve Stereoscopic Player programları ve iki özdeş kamera aracılığıyla 3 boyutlu görüntüleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Kafanın sağa ve sola hareket etmesiyle step motor hareket ettirilerek kameralar da aynı yönde hareket ettirilir (Şekil 1).

4. Yöntem

4.1.1. Üç Boyutlu Görüntüleme Sistemi

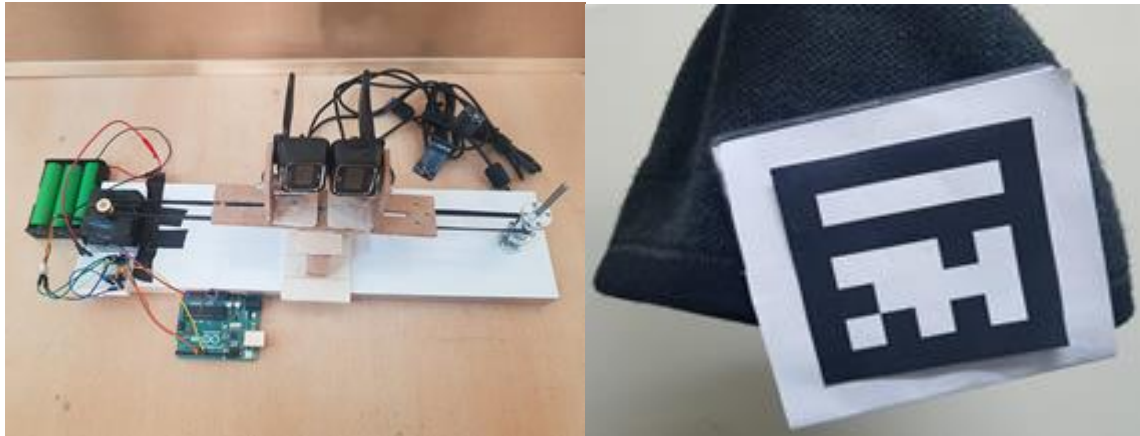
Üç boyutlu görüntüleme için iki adet özdeş kamera kullanılmıştır. Bu kameralar yan yana yerleştirilmiş ve üç boyutlu görüntülemeyi sağlayan Stereoscopic Multiplexer ve Stereoscopic Player programları aracılığıyla ve üç boyutlu monitör ile görüntüleme yapılmıştır. Fakat kameraların açıları, yükseklik farkları gibi sebepler dolayısıyla bulanık bir görüntü oluştuğu tespit edilmiştir. Bu sorunu çözmek için bir düzenek geliştirilmiştir (Şekil 2).

Ekranında görüldüğünden küçük bir objeden elde edilen görüntünün kullanıcının gözünü rahatsız etmeden izlenebilmesi için kameraların arasındaki uzaklığın azaltılması gerektiği tespit edilmiştir. Fakat uzaklık fazla azaltıldığında üç boyutlu görüntünün derinliğinin çok az olduğu, derinliğin artması için de kameralar arası uzaklığın artması gerektiği tespit edilmiştir. Bu düzenek sayesinde her ikisinin de ideal seviyede olmasını sağlayacak şekilde kameralar arası optimal uzaklık ayarlanmıştır. Bu uzaklık genel olarak görüntülenen objenin ölçeğine ve bir miktar da izleyicinin tercihine göre değişiklik gösterecektir.

Görüntüleme sisteminin yatay ekseninde hareket etmesi için step motor ve kayış kullanılmıştır. Step motor kullanıcın kafasının konumuna göre hareket ettirilmektedir. (Şekil 2).

4.1.2. Kafa Hareketi Takip Sistemi

Kafanın yatay eksenindeki hareketini algılayabilmek için Processing dilinde bulunan NyARToolkit kütüphanesi kullanılmıştır (Son ve Lee, 2011). Bu kütüphane ile barkodun ekran üzerindeki koordinatlarını çıktı olarak veren ve bu çıktıyı step motorun hareket ettireceği değere dönüştürerek mikrodenetleyiciye seri port aracılığıyla ileten bir kod yazılmıştır. Kullanılacak şapkaya koda tanımlanmış olan barkodun çıktısı yerleştirilmiştir (Şekil 2).



(a)

(b)

Şekil 2. (a) Üç boyutlu görüntüleme sistemi (b) Şapkaya yerleştirilen barkod çıktısı

4.1.4. Robot Kol

4.1.4.1. Robot Kolun Girdi Sistemi

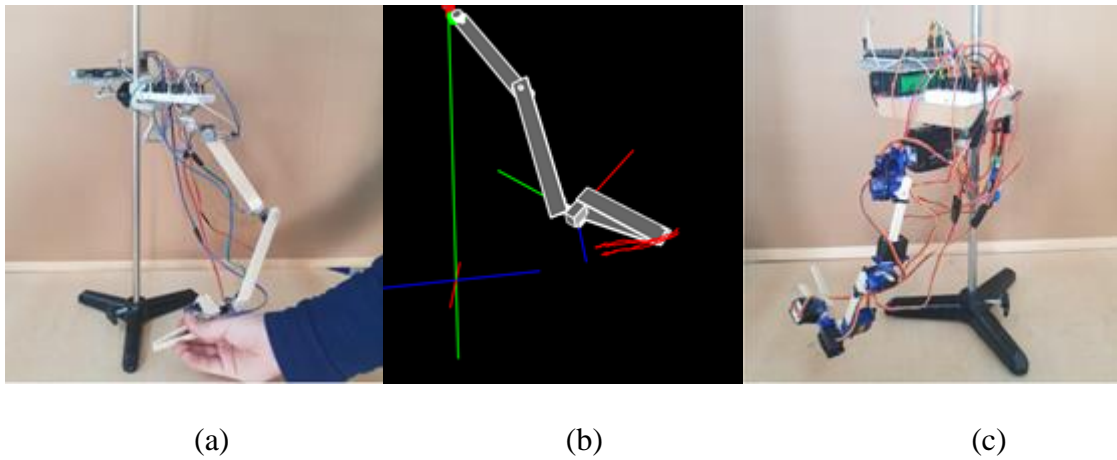
Robot kolun simülasyonda denenmesi amacıyla önce girdi sistemi yapılmıştır. Girdi sisteminde 8 adet potansiyometre ve tahta parçaları kullanılmıştır. Girdi sisteminin tabanda bulunması girdi sisteminin hareketini zorlaştırmış ve orta noktalarda rahat hareket ettirilememesine sebep olmuştur. Fakat girdi sisteminin üçayak ve destek çubuğu yardımıyla tavandan sarkıtılması ile sorun çözülmüştür. Potansiyometreler ve tahta çubuklar robot kolun kontrol alanındaki her yere ulaşılabilmesi için farklı dizilimlerde test edilmiştir ve son olarak

Şekil 3'deki dizilimde karar kılınmıştır. Ardından bu verileri bilgisayara USB yoluyla aktaran bir kod yazılmıştır.

Girdi sistemini test etmek amacıyla Processing dilinde bir program yazılmıştır. Bu program aracılığıyla eş zamanlı olarak robot kolun hareketi, konumu, açı değerleri gibi veriler 3 boyutlu görsel olarak incelenebilmektedir. Programda sanal robot kolla çizim yapılabilmesi sayesinde alınan verilerin elektrik gürültülerinin olup olmadığı görüntülenmiş, tekrarlanabilirlik testleri yapılmıştır. Sistemde var olan hatalar düzeltilmiş, simülasyonla girdi sisteminin aynı hareketleri yapması için değerler kalibre edilmiş, çıktı sistemi monte edildiğinde nasıl tepki vermesi gerektiği görüntülenmiştir (Şekil 3).

4.1.4.2. Robot Kolun Çıktı Sistemi (Manipülator)

Simülasyon programıyla kalibrasyon gerçekleştirildikten sonra robot kol inşa edilmiştir. Robot kolun yapımı için 8 adet servo motor ve tahta parçaları kullanılmıştır. Tavandan sarkıtılması için ise üçayak ve destek çubuğu kullanılmıştır. Robot kol, girdi sistemindeki kolun $\frac{1}{2}$ oranında yapılan daha küçük bir kopyasıdır. Girdi kolundan bilgisayara aktarılan veriler simülasyon üzerinde gösterildikten sonra bilgisayarda işlenip robot kola aktarılmaktadır. Bu değerler servo motorlara yazılmakta ve servo motorlar hareket ettirilmektedir. Çıktı sisteminin daha küçük ölçekli olması sistemin nihai hedefi olan mikro tele operasyon sistemini modellemesi içindir (Şekil 3).



Şekil 3. (a) Robot kolun girdi sistemi (b) Simülatörde kolun pozisyonunun gerçek zamanlı görüntülenmesi (c) Robot kolun çıktı sistemi

4 farklı durumda jumper kablo breadboarddan 20 kez çıkarılmıştır. Bu işlemlerin sonuçları Tablo 1'e not edilmiştir. Tablo 1'de görüldüğü gibi denemeler 3 boyutlu görüntülemeyle yapıldığında işlem daha hızlı tamamlanmıştır. Bunun üzerine bir de kafa takibi eklendiğinde süre en alt seviyeye inmiştir. Bu deneyden anlaşılacağı üzere 3 boyut ve kafa takibi tele operasyonu hızlandırmış ve projenin amacı gerçekleşmiştir.

	Ortalama Tamamlama Zamanı (s)	Standart Sapma	% Tamamlama
2 Boyutlu	30,7	10,5	70
2 Boyutlu Ve Kafa Takipli	22,3	4,9	90
3 Boyutlu	26,4	9,3	80
3 Boyutlu Ve Kafa Takipli	19,1	4,4	95

Tablo 1. Görüntüleme teknikleri deneyi

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Günümüzdeki robotik cerrahi gibi teleoperasyon sistemlerinde kameralar manuel olarak el ya da ayaklar yardımıyla kontrol edilmektedir. Fakat bu durum kamera hareketini zorlaştırmakta ve doğal bir hareket olmadığından kullanıcıya 3 boyut hissi vermemektedir. Şu ana kadar teleoperasyon, mikromanipülasyon ve sanal gerçeklik teknolojileri üçü birlikte tek bir projede harmanlanmamıştır.

Bu projede ise özgün kafa takibi algoritması, girdi kolu ve manipülatör tasarımları kullanılmıştır. Ayrıca kafanın hareketine göre konum değiştiren bir kamera hareket sistemi inşa edilerek 3 boyutun kullanıcıya daha iyi aktarılması sağlanmıştır. Böylece teleoperasyon, mikromanipülasyon ve sanal gerçeklik teknolojileri tek bir projede ürüne dönüşmüştür.

6. Uygulanabilirlik

Proje robotik cerrahi, tele tıp, salgın hastalık riski taşıyan hastaların ameliyatı gibi sağlık alanlarında; bomba imha gibi savunma alanlarında; kimyasal ve zararlı maddelerin incelenmesi gibi insana zarar verebilecek işlemlerde; endüstri ve otomasyon alanlarında kullanılabilir. Ayrıca maliyetinin düşük olması sebebiyle sistem eğitim amacıyla laboratuvarlarda da kullanılabilmesi ile yaygın kullanım potansiyeli olan bir ürüne dönüşebilecektir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Bütçe Planlaması

Ürünün Adı	Ürün Fiyatı (TL)	Ürün Adedi	Toplam Tutar (TL)
Arduino Mega 2560 R3	310,36	2	620,72
Arduino UNO R3	170,7	1	170,7
Tower Pro SG90 RC Mini (9gr) Servo Motor	11,64	7	81,48

Tower Pro SG-5010 RC Servo Motor	41,95	1	41,95
Nema 17 GT2 Dişli Step Motor - Kısa Mil	30,62	1	30,62
Step Motor Sürücü Kartı A4988	7,15	1	7,15
10K Potansiyometre - WH148	1,28	8	10,24
Tahta Çubuk 100'lü Paket	12,5	1	12,5
Üç Ayaklı Laboratuvar Standı	105,7	2	211,4
Microsoft Lifecam HD-5000 720p HD	199	2	398
GT2 Kayış - Kasnak Seti	27,22	1	27,22
			1611,98

Proje Zaman Çizelgesi

2019 YILI									
İşin Tanımı	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Literatür Taraması		X	X	X	X	X	X		
3 Boyutlu Görüntüleme Sisteminin Hazırlanması					X	X			
Robot Kol Girdi Sisteminin Yapılması							X	X	
Robot Kol Çıktı Sisteminin Yapılması							X	X	
Sistemlerin Birleştirilmesi									X

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Proje kullanım basitliği ve görüntüleme tekniği sayesinde birçok kişi ve sektör tarafından kullanılacaktır. Doktorlar, bomba imha uzmanları, kimyagerler, biyologlar, sanayi ve otomasyon gibi alanlarda çalışan kişiler gibi birçok insan projeden faydalanabilecektir. Ayrıca maliyetinin az olması sayesinde ortaokul, lise ya da üniversitelerde işlenen derslerde deney yapılırken veya biyolojik gözlemler yapılırken öğrenciler ve öğretmenler tarafından kullanılacaktır.

9. Riskler

Kafa takibi sisteminin barkodla iyi çalışmaması durumunda bir gözlüğün üzerine kızılötesi ışık eklenerek bu ışığın takibiyle yeni bir kafa takibi sistemi oluşturulabilir.

Sistemin doğruluğunun, hassaslığının ve çalışma aralığının genişletilmesi amacıyla projede kullanılan potansiyometreler yerine daha gelişmiş optik enkoder veya manyetik enkoderler kullanılabilir.

Robotik cımbız bir nesneyi tuttuğunda, nesnenin tutulduğu bu noktadan girdi cımbızının hareketinin engellenmesi ile kullanıcıya nesneyi tutmuş olma hissi verilebilir. Bu sayede haptik bir cımbız sistemi yapılarak hassas cisimlerin zarar görmesi engellenebilir ve

kullanıcı cisimlerin yumuşak mı sert mi olduğunu hissedebilir.

10. Proje Ekibi

Takım Lideri: Muhittin KÖYBAŞI

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okul	Projeyle veya problemle ilgili tecrübesi
Muhittin KÖYBAŞI	Tasarım ve Sistemin birleştirilmesi	İzmir Fen Lisesi 11. Sınıf	Robot Yarışmaları ve TÜBİTAK Bilim Olimpiyatları
Kaan AYDENİZ	Yazılım ve Raporlama	İzmir Fen Lisesi 11. Sınıf	Robot Yarışmaları ve TÜBİTAK Bilim Olimpiyatları

11. Kaynaklar

Avidan, S., & Shashua, A. (1997, June). Novel view synthesis in tensor space. In *Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 1034-1040). IEEE.

Boboc, R. G., Moga, H., & Talaba, D. (2012). A review of current applications in teleoperation of mobile robots. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Engineering Sciences. Series I*, 5(2), 9.

Daribo, I., & Pesquet-Popescu, B. (2010, October). Depth-aided image inpainting for novel view synthesis. In *2010 IEEE International Workshop on Multimedia Signal Processing* (pp. 167-170). IEEE.

Lanfranco, A. R., Castellanos, A. E., Desai, J. P., & Meyers, W. C. (2004). Robotic surgery: a current perspective. *Annals of surgery*, 239(1), 14.

Reas, C., & Fry, B. (2005, July). Processing. org: a networked context for learning computer programming. In *ACM SIGGRAPH 2005 web program* (p. 14). ACM.

Seitz, S. M., & Dyer, C. R. (1996, August). View morphing. In *Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (pp. 21-30). ACM.

Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2018). *Understanding virtual reality: Interface, application, and design*. Morgan Kaufmann.

Son, K. C., & Lee, J. Y. (2011, September). The method of android application speed up by using NDK. In *2011 3rd International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST)* (pp. 382-385). IEEE.

Welchman, A. E. (2016). The human brain in depth: how we see in 3D. *Annual review of vision science*, 2, 345-376.