



El Hareketleri ile Mutfak Gereçlerinin Temassız Kontrolü: Sanal Ocak Üzerine Bir Uygulama Arayüzü

Buse Batukan^{1*}, Bülent Kaya²

^{1*} Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Müh. ABD, Kayseri, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-1480-2739), busebatukan@outlook.com

² Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Müh. ABD, Kayseri, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-7943-8683), bulentkaya@erciyes.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 16 Aralık 2022 ve Kabul Tarihi 7 Ocak 2023)

(DOI: 10.31590/ejosat.1219917)

ATIF/REFERENCE: Batukan, B., Kaya, B., (2023). El Hareketleri ile Mutfak Gereçlerinin Temassız Kontrolü: Sanal Ocak Üzerine Bir Uygulama Arayüzü. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (46), 116-125.

Öz

Günümüzde çeşitli sensörler vasıtasıyla, sanal ve gerçek dünya arasında, insan bilgisayar etkileşimini sağlayan arayüzler ve bunların ergonomisi üzerine çalışmaların arttığını gözlemlemekteyiz. İnsan-bilgisayar etkileşiminin ergonomisi ile ilgili genel çerçeve ISO 92411-960 standartları içinde tanımlanlansa da ortaya çıkan yeni sensörler, metaverse, işlemcilerin artan hızları, mobilite, bulut ekosistemi gibi gelişmeler ile, her dönem güncellenmeye muhtaç kapsamlar olacağını öngörmekteyiz. Sözlü olmayan evrensel bir iletişim aracı olarak el hareketleri ise, bilgisayar insan etkileşimi sistemleri araştırmacıları tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada sunulduğu üzere, Leap Motion hareket sensörü vasıtasıyla, naturel el hareketlerini algılanıp, tanımlayarak, Unity3D ortamında oluşturulan bir arayüzle etkileşim sağlanmıştır. Arayüz üzerine yerleştirilen 3D sanal ocak modeli, el hareketleri ile kontrol edilebilirken, aynı zamanda gerçek dünyaya sinyaller gönderebilmektedir. Bu durumda, örneğin bu çalışmada hedef olarak seçilen bir ankastre ocak gibi, üzerinde mikroişlemci barındıran herhangi bir mutfak gerecinin kontrolü mümkün olmaktadır. Çalışmada gerçek ocağın simülasyonu, Arduino hızlı prototipleme kartı ve buna entegre edilen LED'ler ile yapıldı. Sanal ortamda, ocak fonksiyonları, Arduino seri haberleşmesi üzerinden kontrol edilen LED'lerin tepkisine göre değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: El hareket tanımlama, Temassız kontrol, İnsan bilgisayar etkileşimi, Bilişsel ergonomi, Sanal-Karma gerçeklik

Electrical Home Appliances Control Interface Design Based on Hand Gesture Identification: An Application on Virtual Hob

Abstract

Nowadays, we observe an increasing number of studies on interfaces that provide human-computer interaction between the virtual and real world, and their ergonomics, through various sensors. Although the general framework regarding the ergonomics of human-computer interaction is defined by ISO 92411-960 standards, we foresee that there will be scopes that need to be updated every period with the developments in the areas such as new sensors, metaverse, processor increasing speeds, mobility, cloud ecosystem. Hand gestures are already used extensively by computer-human interaction systems researchers as a universal non-verbal communication tool. As presented in this study, natural hand movements are detected and defined by the Leap Motion motion sensor and interacted with an interface created in the Unity3D environment. The 3D virtual furnace model placed on the interface can be controlled by hand movements while simultaneously sending signals to the real world. In this case, it is possible to control any kitchen appliances that have a microprocessor on them, such as a hob, which was chosen as the target in this study. In the study, the simulation of the actual hob was conducted with an Arduino rapid prototyping board and integrated LEDs. In the virtual environment, the hob functions are evaluated according to the response of the LEDs controlled via Arduino serial communication.

Keywords: Hand gesture identification, Non-contact control, Human computer interaction, Cognitive ergonomics, Virtual-Mixed reality

* Sorumlu Yazar: busebatukan@outlook.com

1. Giriş

Nesnelerin interneti, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik son zamanlarda insan hayatını kolaylaştıracak şekilde fırsatlar sunan, içi içe geçmiş, birbirini tamamlayan ve destekleyen önemli kavramlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir bütün olarak günümüzde metaverse olarak tanımlanabilecek bu sanal dünya, mobilite, erişilebilirlik, yaygınlık, maliyet avantajları, kullanıcı ergonomisi gibi sunduğu birçok avantajlar nedeniyle, tasarımcıların dikkatini artan şekilde cezbetmekte ve yenilikçi ve şaşırtıcı tasarımların yaşantımızda yer etmesine öncü olmaktadır.

Metaverse, sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR), karma gerçeklik (MR), nesnelerin interneti (IOT) ve yapay zekâ (AI) gibi konseptlerin kullanılarak, gerçek dünyadaki çevre ve içinde bulunan her tür fiziksel objenin, dijital ortamda oluşturulan ses, imaj, 3D görüntü, doku, grafik gibi unsurlarla etkileşiminin sağlanabildiği kurgusal bir evrendir. Bu kurgusal ortamda, gerçek dünya ortam ve objelerine -zeninlik katacak şekilde- müdahale edilebilmekte ve kontrol edilebilmektedir.

Günümüzde sanal gerçeklik çalışmaları, uygun olan çok çeşitli ve bazıları nispeten makul fiyatlı donanımların etkileşimi vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. VR gözlükler, Stereo kameralar, Time of Flight TOF kameralar [1], Kinect [2] ve benzeri yapılandırılmış ışık teknoloji sistemler, Hololens [3] bunlara örnek olarak verilebilir.

Sunulan bu çalışmada, evlerimizde kullandığımız elektrikli ev gereçlerinin sanal ortamda modellenerek, gerçek hayatta kontrol edilebilmesini sağlayan etkileşimli bir arayüzün geliştirilmesine odaklanılmıştır.

Bu amaçla örnek olarak bir ankastre mutfak ocağı seçilmiştir. Geliştirilen sanal ocak kontrol arayüzü, kullanıcının giyilebilir ve taşınabilir başka akıllı donanımları kullanmasına gerek duymadığından, kullanıcı ergonomisini fiziksel ve bilişsel seviyede arttıracakı öngörülmektedir. Geliştirilen bu arayüz ile özellikle yaşlılar, çeşitli seviyede hareket kısıtlılığı olan bireyler için sadece el hareketlerini kullanarak elektrikli mutfak gereçlerini konfor, kullanım kolaylığı, güvenli ve verimli bir şekilde kontrol edebilmesine imkân tanınmaktadır.

Söz konusu el hareketleri ile kontrol arayüzünün geliştirilmesinde, stereo kamera teknolojili Leap Motion hareket sensörü [4] kullanılmıştır. Günümüzde stereo kamera teknolojileri makul fiyatları ve her tür endüstriyel ürüne gömülebilir (embedded) formda olmaları nedeniyle büyük avantajlar sunmaktadır.

Çalışma için kullanılan Leap Motion, içerdiği kamera sistemleri ile metaverse içinde bahsi geçen bu teknolojileri, makul fiyat ve yaygın erişim ile kapsayan yetenekte, entegre bir donanımdır. Çalışmada kullanılan Leap Motion vasıtasıyla kullanıcının el hareketleri algılanarak, bunun Unity 3D [5] ortamında modellenen sahneye aktarılması sağlanmıştır. Unity 3D sahnesine yerleştirilen sanal ocağa ait butonlar, sanal ortamda el hareketleri ile kontrol edilmektedir. Sanal ortama yerleştirilen butonların bu hareketleri ise Microsoft Visual Studio ortamında bulunan C# [6] ve Arduino Uno IDE [7] kullanılarak, analog bir voltaj çıktısı ile gerçek dünyada simüle edilmektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1. El Hareketleri Tanımlama

Hareket (gesture) tanımlama, bir endüstriyel ürünü kontrol etmenin en doğal ve kullanışlı yöntemlerinden biri olarak görülmektedir. Hareket algılama tabanlı sistemlerin, endüstri 4.0 ve metaverse kavramlarının hayata geçirilmesinde çok önemli yeri bulunmaktadır. Günümüze kadar pek çok araştırmacının ilgi odağında olan bir konu olarak, hakkında düzenli olarak uluslararası düzeyde çalıştaylar düzenlenmektedir [8].

Esasen hareket tanımlama ergonomisi, ISO 92411-960 standartları, insan-bilgisayar etkileşiminin ergonomisi başlığı altındaki, hareket etkileşimleri için çerçeve ve kılavuz alt başlığı altında genel hatlarıyla standardize edilmiştir [9]. ISO 9241-400 ile, arayüzlerde kullanılabilir, çeşitli el hareketi pozisyonları tanımlanmış ve sınıflandırılmıştır. Böylelikle bu primitif hareketlerin arayüz üzerinde tespiti ile, bir hareketi etkinleştirme/bitirme, gerçekleştirme, hareketi onaylamak için geri bildirim, ileri besleme, bir hareketi iptal etme, hareket boyutu kriterleri, kriterleri kontrol etme, bir hareket komutunun yazışmasını değiştirme gibi aktiviteler göz önüne alınarak ergonomik bir kontrol sistemi tasarlamak mümkündür (Tang, Webb).

Standartlarda tanımlanan el hareketleri, görsel etkileşimin olmadığı yani hareket tanıma için kamera sistemlerinin kullanılmadığı durumlar için etkilidir. Örneğin, Kela ve arkadaşları, ivme ölçer kullanılan giyilebilir bir teknoloji ile, yedi el hareketi için akıllı ev kontrol sistemi geliştirdiler (Kela vd 2006).

İşlemci hız ve çeşitliliğindeki artış, hesaplama maliyeti yüksek olan görüntü işlemeyle hareket tanıma temelli sistemlerin yaygın olarak kullanılmasına imkân vermektedir. Görüntü işleme teknikleri, çeşitli seviye kameralar ve sensörler birlikte kullanılarak toplanan, durağan veya hareketli imajlar işlenerek, bilgisayarın görmesini sağlayan algoritmaları içerir. Bu durumda, sadece el hareketi tanımlanmaz ayrıca donanımla etkileşime geçebilecek şekilde, konum ve oryantasyon bilgisine de sahip olunmaktadır.

Literatür çalışmalarına bakıldığında, Leap Motion ve Kinect olmak üzere iki donanımın, hareket tanıma arayüzleri için yaygın bir şekilde kabul gördüğü gözlenmektedir. Bu iki sistemin birbirine göre avantajları bulunmaktadır. Kinect sensör, geniş bir görüş alanında, tüm postür (vücut) hareketleri ve ortam haritalama işlemleri için başarısını ispatlayan bir donanımdır. Ancak büyüklükle birlikte, hesaplama maliyetinin yüksek olması, tanımlanan hareketlerin limitli bir çözünürlüğe ve keskinliğe sahip olması gibi dezavantajlara sahiptir. Leap Motion ise küçük yapısı ile hızlı ve el hareketlerini içeren limitli bir alan içerisinde çok yüksek bir

doğruluk ve hassasiyet sunmaktadır. Bu çalışma için iki donanımın kullanılması da uygundur. Ancak el hareketleri ile sınırlandırılan bu çalışma için yüksek doğruluk öncelik olarak belirlendiğinden Leap Motion kullanılması uygun bulunmuştur.

Literatürde, Leap Motion ile geliştirilen, oyun, eğitim, ev otomasyonu gibi çeşitli alanlarda yapılmış ilgi çekici birçok araştırma bulunmaktadır. Özellikle toplumsal kullanımlarında Ultra Leap [10] tarafından üretilen sanal gerçeklik çözümleriyle beraber eğitim, eğlence, tasarım, tıp gibi sektörlerde de yerini almaktadır. En göze çarpan örneği, temassız kiosk uygulamalarıdır [11]. Bu uygulamalar, bir restoranda sipariş verirken, bir bankada sıra alırken ya da asansör kullanırken bir ekrana ya da düğmeye dokunmadan temassız işlem yapılmasına olanak tanımaktadır.

Bekel isimli bir çocuk oyunu için tasarlanan arayüzde, el hareketleri algılanarak, bilgisayar ekranında görünen taşları tutup, havaya fırlatma tekrar tutma gibi hareketler başarı ile gerçekleştirilmektedir (Rahmat, Hasibuan, Siregar ve Syahputra, 2018). Bu oyuna benzer şekilde, çocuklara hitap eden diğer bir çalışmada amaçlanan Honey Bee Dance isimli dansı, önceden belirlediğimiz referans hareketlerin Leap Motion tarafından algılanıp Unity'de hazırlanan arayüzle 3 boyutlu bir dansa dönüştürmektir (Cho ve Lee, 2014).

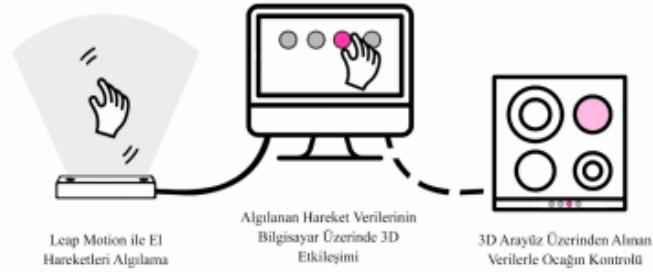
El hareketleri tanımlama ile, farklı ülkelerdeki kullanıcıların, ana dillerinde işaret dili iletişimini kolaylaştırmak, öğretmek üzerine tasarlanan arayüz çalışmaları da bulunmaktadır. Literatürde bu çalışmalara, Arapça (Mohandes, Aliyu ve Deriche, 2014), İngilizce (Potter, Araullo ve Carter 2013) ve Türkçe (Demircioğlu, Bulbul ve Kose 2016) dili için örnek verilebilir.

Tıp bilimi içinde, çok karmaşık olarak kabul edilen ve öğrenmesi zor olan anatomi eğitimini kolaylaştırmak için, Leap Motion kullanılarak, öğrencilerin, 3D iskelet yapısını, interaktif bir biçimde sanal ortamda incelemesine imkân tanıyan bir uygulama geliştirilmiştir (Nainggolan vd 2016).

Leap Motion kullanarak, bilim fuarı ziyaretçileri için, güneş sisteminde bulunan gezegenlerin ve özelliklerinin tanıtılması ve interaktif bir şekilde yakından incelenmesine olanak tanıyan bir uygulama geliştirdiler (Zhongliu ve Xin, 2019). Zaiti ve arkadaşları ise, Leap Motion kullanarak belirlenen beş temel hareket ile TV kontrolü yapan bir arayüz geliştirdiler (Zaiti vd 2015).

Santhanakrishnan ve arkadaşları, Leap motion ile gelen standart dört harekete ek olarak, kisiselleştirdikleri ek hareketler ile ev otomasyonu yapan bir arayüz geliştirdiler (Santhanakrishnan vd 2020).

Literatürde bulunan çok sayıda çalışma ile gelinen noktada, sanal evrende oluşturulan herhangi bir kontrol nesnesi ile etkileşime geçilebilir. Böylelikle gerçek dünya ortamında, çeşitli gereçleri kumanda etmek amacıyla kontrol sinyalleri gönderilebilir. Bu durum Metaverse ile etkileşimli ve ancak hayal dünyası ile sınırlı arayüzlerin gerçekleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu çalışmada, Şekil 1 üzerinde gösterilen hiyerarşi ile el hareketlerini tanıyarak, bir ocağın kontrolünü sağlayan bir 3D sanal bir arayüz geliştirildi.



Şekil 1. El hareketleri ile ocak kontrolü (Figure 1. Cooker control with hand movements)

Arayüz üzerinde bulunan 3D sanal ocağa ait kontrol düğmeleri, el hareketleri ile seçilip yakalanabilir ve döndürülerek aktif hale getirilmektedir. Böylelikle ilgili beke ait yanma işlevi gerçekleştirilmektedir. Söz konusu yazılım ve fonksiyonların uygulanabilirliği için, Leap Motion, Unity 3D ve Arduino donanımları kullanılmıştır.

2.2. Leap Motion Hareket Sensörü ile Hareket Analizi

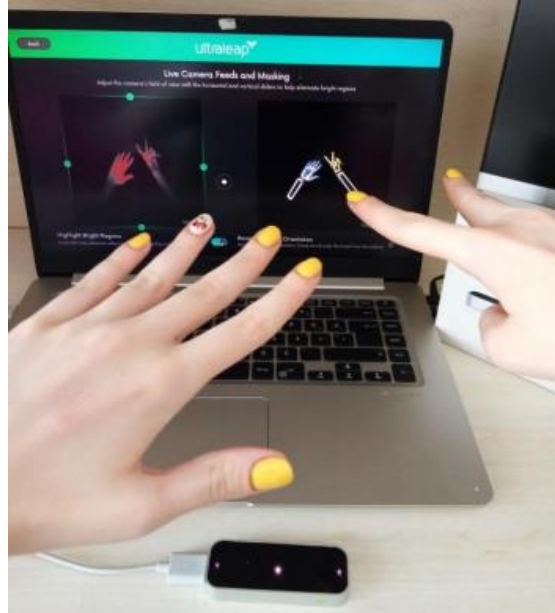
Leap Motion, insan-bilgisayar etkileşimi için gelişmiş hareket algılama teknolojisini barındıran bir hareket sensörüdür. Bu sensör Şekil 2 ile gösterildiği üzere bir çift kamera ve derinlik algısı oluşturmada kullandığı bir dizi IR LED ışık kaynakları ile donatılmıştır.



Şekil 2. Leap Motion İçerik Görüntüsü (Figure 2. Leap Motion Content View) [3]

Leap Motion barındırdığı 3 kızılötesi kamera ile beraber el ve parmak hareketleri algılayabilen ve bilgisayara USB ile bağlanabilen bir sensördür. Leap Motion üzerinde bulunan LED ışık kaynakları ile belirgin frekans ile ortama ışık örnekleri yayar. Cihaz, barındırdığı kızılötesi kameralar ve LED vasıtasıyla düşürülen ışık örneklerinin ellere çarpıp distorsiyonu ile ellerin gri tonlamalı stereo görüntülerini birlikte işleyerek el ve hareketlerini 3D olarak sayısallaştırılmasını sağlar (Şekil 3). Bilgisayara aktarılan bu sayısallaştırılan verilerden, Leap Motion ile birlikte gelen, yazılım geliştirme kütüphanesi (SDK -Software Development Kit) ile; kameranın her bir çerçevesi için işlenen aşağıda sıralanan verileri elde edilmesini sağlar (Spiegelmock, 2013).

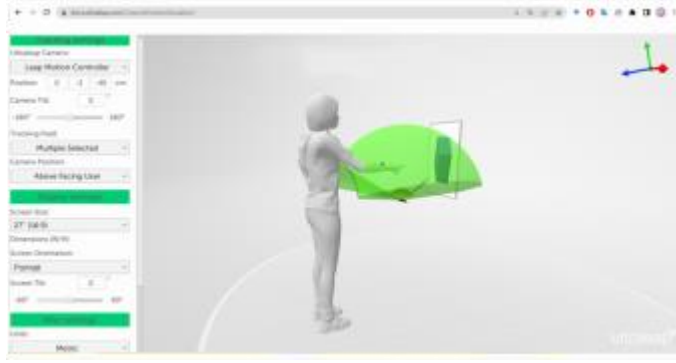
- Bir çerçevede içinde tüm ellerin, döndürme, konum ve hız dahil olmak üzere algılanması,
- Tüm parmaklar ve sivri uçlu araçların, her bir ele bağlı olarak, dönüş, konum ve hız ile birlikte algılanması
- Bir parmak veya aletle işaret edilen bir konumun bir ekranda denk gelen piksel konumunun hassas ve doğru bir şekilde tespiti
- Kaydırma ve dokunma gibi hareketlerin temel olarak tanınması
- Çerçeveler arasındaki konum ve yön değişikliklerinin algılanması



Şekil 3. Leap Motion ile El Hareketleri Algılama (Figure 3. Hand Gesture Detection with Leap Motion)

Leap Motion hem ayakta hem de oturarak kullanmaya imkân tanımaktadır. Leap Motion belirgin bir alan içinde hareket tanımlama yapmaktadır. Her ne kadar, bu çalışma bilişsel ergonomi üzerine yoğunlaşsa da geliştiriciler için Leap Motion aynı zamanda, fiziksel ergonomiyi öngörmeye yarayan Camera Position Visualiser arayüzüne sahiptir. Geliştiriciler, Camera Position Visualiser analiz aracı kullanarak, sensör yerleşimi ile ilgili öngöründe bulunabilir ve ergonomi analizleri yaparak optimum lokasyonları belirleyebilirler. Fiziksel ergonomi, RULA analizi ile olarak bilinen bir değerlendirme ile analiz edilebilir. RULA analizi ile, üst uzuv değerlendirilmesi yapılmaktadır. Kullanıcının, oturarak mı yoksa ayakta mı çalıştığı, çalışma sahasındaki vücut duruşunu değerlendirerek bir skor üretilmektedir.

Şekil 4'te Leap Motion-Bilgisayar-Kullanıcı üçgeni sistemimizde olduğu gibi modellenmiş Camera Position Visualiser [12] ve Leap Motion'ın etkileşim alanı yeşil ile gösterilmiştir. Bu sitede, Leap Motion- Ekran- Kullanıcı konum ve açıları girilerek etkileşim alanı Şekil 4'te gösterilmiştir. Burada önemli olan, ellerin belirtilen yeşil alanda kalarak hareketlerin algılanmasının sağlanmasıdır.



Şekil 4. Leap Motion Camera Position Visualiser (Figure 4. Leap Motion Camera Position Visualiser) [12]

Camera Position Visualiser ile belirlenen alan içinde yapılan çalışmalarla elde edilen veriler, RULA analizi için hızlı üst uzuv tablosunda [13] değerlendirilebilir. Bu çalışmada, online bir RULA analiz aracı kullanıldı. Osmond Ergonomics'in sunduğu [14] bu analiz aracına göre, sensör yerleşimi ve çalışmada kullanılan kurulum dikkate alındığında, RULA skoru 3 olarak belirlenmiştir. Bu durum, çok kötü olmasa da fiziksel ergonomi açısından güncellenmesi gereken bazı hususların varlığını işaret etmektedir.

2.3. Uygulama Arayüzü İçin Belirlenen El Hareketleri

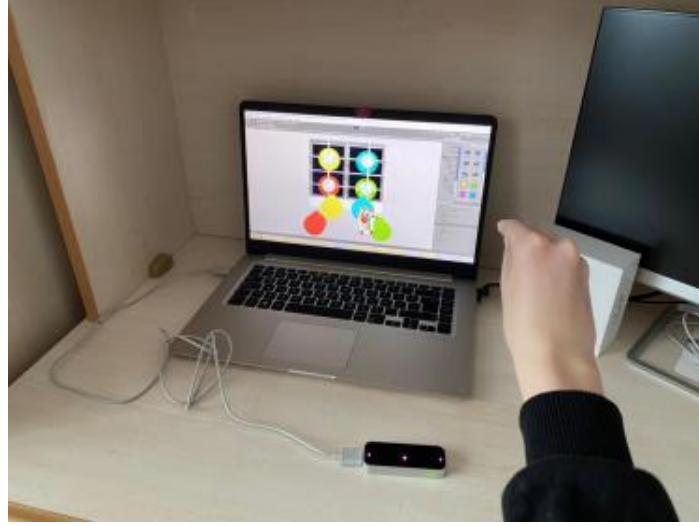
Esasen Leap Motion, varsayılan olarak dört çeşit el hareketini tanımaktadır. Ancak Leap Motion kompleks hareketleri bile rahatlıkla tanıması ve güçlü ve esnek SDK desteğiyle bu çalışmada temel olarak daha kompleks ve gerçek yaşamda kullanıma benzer temel iki hareket belirlenmiştir.

Bunlardan ilki, sanal evrende 3D olarak modellenen ocak butonuna uzanıp, butonu kavrama ve tutma hareketidir. Bu hareket için önce el (veya eller) serbest durumda (Şekil 5) ilgili sanal ocak butonuna uzanmalıdır.



Şekil 5. Butona Uzanarak, Seçme Hareketi (Figure 5. Reaching for the Button, Selection Movement)

İlgili sanal ocak butonu üzerine gelindiğinde ise, bu butonu kavramak için, Şekil 6 ile gösterilen el hareketi ile, buton sanki gerçek hayattakine benzer şekilde kavranmalıdır. Bu kavrama hareketi için ellerden biri, Leap Motion çerçevesi içinde, buton üzerinde ve tek bir noktada birleşmelidir.



Şekil 6. Buton Tutma ve İlgili Beki Aktif Hale Getirme Hareketi (Figure 6. Button Holding and Related Burner Activation Movement)

Sanal ocak butonu, sanal evrende kavrandıktan sonra, tıpkı gerçek yaşamda olduğu gibi, butonun sağa veya sola döndürülmesiyle, ocağın yakılması ve hararetinin ayarlanması hedeflenmiştir. Bu döndürme hareketi için, el, tutma konumundayken, sanal buton orjinine göre yaklaşık 45° sağa döndürülerek ocak ateşlemesinin yapılması hedeflenmiştir. Ocak bir kez ateşlendikten sonra, ateşleme orjinine göre sağa doğru çevrilmeli (Şekil 7) veya ocağın kısmak için aynı hareket sola doğru yapılmalıdır. Döndürme hareketi için, el ve bileğin konum ve oryantasyonlarını dikkate alan hareket tanıma algoritması kullanılmıştır.



Şekil 7. Sanal Ocak Butonunu Döndürme Hareketi (Figure 7. Virtual Cooker Button Rotation Movement)

Leap Motion ile iki el hareketi eş zamanlı olarak takip edilmekte, sağ veya sol el, hangisi kullanıcı tarafından tercih edilirse kullanılabilir. Ayrıca, el hareketlerinin tanımlanması kullanıcıdan bağımsızdır. Farklı kullanıcılar için kalibrasyon yapılmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. Yukarıda bahsedilen el hareketleri, dikkat edilirse gerçek yaşamla özdeş, birebir simüle edilen hareketler olarak, kullanıcının minimum öğrenme eğrisi ile arayüze hakim olması hedeflenmiştir.

2.4. Unity 3D Sahnesinde Arayüzün Hazırlanması

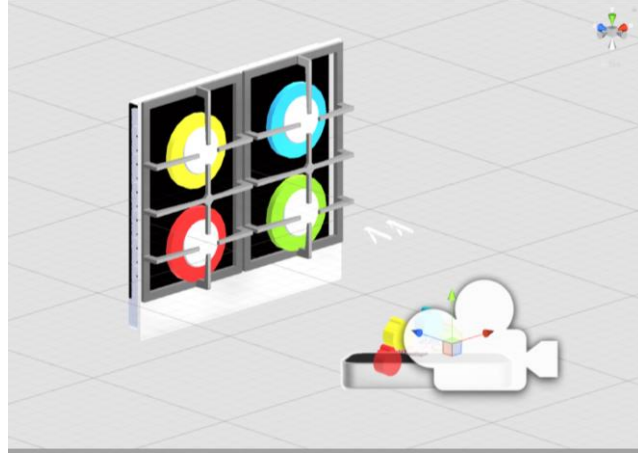
Unity3D, çok yönlü, son derece esnek ve güçlü bir oyun motorudur. C# ve C++ dilleri ile kişiselleştirilebilen bu oyun motoru, 2D ve 3D oyunlar ve interaktif simülasyonlar ile metaverse için birçok uygulamanın geliştirilmesi için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. 21 platformu destekleyen Unity 3D ile Windows, Linux ve mobil cihaz işletim sistemleri için yazılım derlemek mümkündür.

Unity3D primitif 3D modelleyici ve kapsamlı render arayüzüne sahiptir. Aynı zamanda sahnesinde, diğer CAD modelleyicilerden aldığı, FBX, OBJ gibi ağ yapısına sahip 3D modelleri de kullanabilir. Unity3D sahnesinde yerleştirilen modeller, artık birer nesnedir ve her nesnenin, başta konum ve oryantasyonu olmak üzere çoğu özelliği değiştirilebilir.

Çalışma ile sunulan arayüz geliştirilmesinde, bir ocak gerçeğine uygun şekilde modellenerek Unity3D sahnesine aktarılmıştır. Bunun için, Solidworks [15] CAD yazılımı ortamında ayrı ayrı modellenen ocak parçaları (gövde, döküm bek, butonlar vs) yine CAD

ortamında montajlandı. Şekil 8 ile gösterildiği üzere, ocak montajı CAD verisi, Unity3D sahnesine aktarılacak şekilde obj formatlı ağ (mesh) yapısına dönüştürülerek, arayüz üzerinde sahneye asset olarak yerleştirildi.

Sahne ayarları Unity içindeki varsayılan Işıklandırma seçenekleri altından indirilen arayüzle tamamlanarak sonrasında Şekil 8'de, daha net anlaşılması için 3 boyutlu ortamdaki arayüz olarak yer almaktadır.

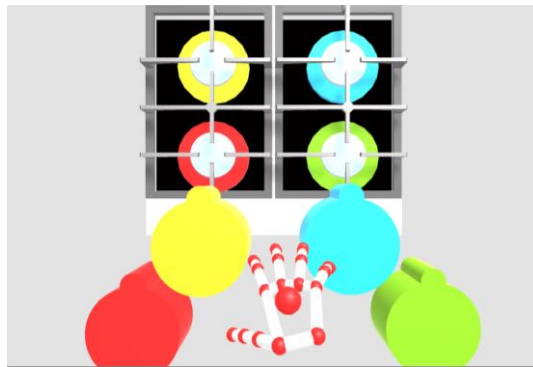


Şekil 8. Unity3D Ortamında Sanal Ocağın Konumlandırılması (Figure 8. Positioning the Virtual Cooker in Unity3D Environment)

Şekil 8 ile gösterildiği üzere, kullanıcı deneyimini arttırmak ve kullanım kolaylığı sağlamak amacıyla, Unity 3D sahnesindeki ocağın her bir gözü farklı bir renk ile temsil edilmektedir. Yine Unity 3D sahnesinde ocağın üstünde boşlukta konumlandırılmış, 3D butonlar görülmektedir. Böylelikle, sahne içinde el modeli ve butonlar yeterli uzaklıkta konumlandırılarak gerçeklik algısı sağlanmaya çalışılmaktadır. Aynı zamanda, bu butonlar ocak üzerindeki gözle aynı renklerde temsil edilmektedir. Hareketlerin mümkün olduğunca kısa ve kolay anlaşılıp uygulanması şarttır. Böylece seçim kolaylıkla yapılarak bir sonraki seçim ekranına geçebilmektedir. Unity 3D sahnesine yerleştirilen tüm bu nesnelerin üzerine, belli bir mesafede yerleştirilen sanal bir Unity 3D kamerası ile bütün nesnelere arayüz üzerinde belirli bir alan içinde görülür kılınmıştır.

Arayüz üzerindeki butonların, gerçek dünyada yapılan el hareketleri ile kontrol edilmesi için, Leap Motion ile birlikte gelen SDK ve Unity 3D içinde çalışan ve Leap Motion Orion [16] olarak adlandırılan bir yardımcı kütüphane (asset) kullanılmıştır. Unity3D Orion asseti, Unity 3D içinde prefab olarak adlandırılan ve arayüzde görülen, kemik parmak ve bunların eklem noktalarını temsil eden bir 3D iskelet modeli içerir. Ayrıca, Orion kütüphanesi, prefab el ile Leap Motion kameralarının irtibatını sağlayan ve arayüzde çeşitli aksiyonları icra eden birtakım fonksiyonları (Callback Class) kapsamaktadır.

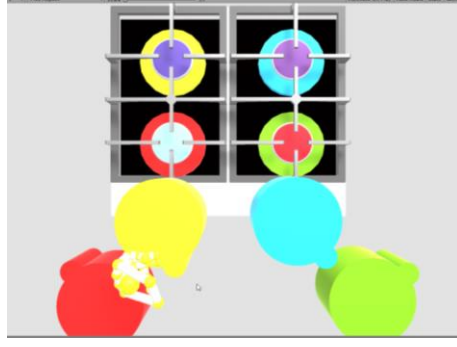
Orion asset içinde, Interaction Engine olarak adlandırılan fonksiyon (class), sahne içine yerleştirilen 3D iskelet prefab modelin gerçek dünyadaki dokunma hareketini gerçekleştirmesi için kullanılmaktadır. C# ile çağırılan bu fonksiyon ile, Leap Motion, sensörün algıladığı el hareketleri ile Unity 3D sahnesine yerleştirilen butonların etkileşimi hesaplatılmaktadır.



Şekil 9. Düğmelerin ve Ocağın Başlangıç Durumları (Figure 9. Initial Conditions of Buttons and Hob)

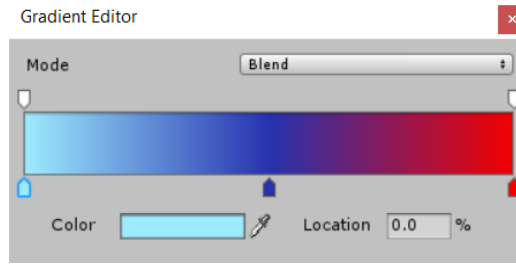
Şekil 9 ile gösterilen arayüz, sanal ortamında butonlar, el iskelet modeli ile seçilebilir durumdadır. Sanal ortama yerleştirilen butonlar, el hareketleri ile yakalanır, ateşleme pozisyonunda bekletilir ve daha sonra döndürülerek, bek ısıyı kullanıcı isteğine göre ayarlanabilir. Şekil 10 ile gösterildiği üzere, seçilen butona göre bek, kullanıcının ayarladığı ısıya göre belirgin bir renk skalasında renk değiştirmektedir. Böylelikle, arayüz üzerinde kullanıcı için bir ısı algısı sağlanarak, kullanım ergonomisinin artırılması hedeflenmiştir.

Her bir buton, el modelinin, Leap Motion etkileşimi ile elde ettiği veri ile kavrama ve dönme hareketi sağlanmaktadır. Bu gerçek dünya ile uyumlu iki el hareketi ile etkileşim sağlanırken, Şekil 10 ile gösterildiği üzere, sanal ocak iki butonu, biraz daha üste yerleştirilmiştir. Bu sayede Leap Motion, sensör kesinliği daha da artırılarak, hareket algılama hatası minimuma indirilmiş ve böylelikle, interaktif kullanıcı deneyimini arttıracak şekilde arayüzde akıcılık yakalanmıştır.



Şekil 10. Arayüzde Buton Pozisyonu ile Beklerin Renk Değişimi, Tüm Ocak Gözleri Aktif (Figure 10. Color Change of Burners with Button Position on the Interface, All Hotplates are Active)

Şekil 10 ile gösterilen arayüze dikkat edilirse, buton çevrilme pozisyonlarına göre gerçek dünya koşullarındaki ocaklar gibi, dönme miktarı ile ilişkili bir gaz akışı algısını oluşturan bir renk değişimi sağlanmıştır. Buna göre, ocak gözlerinin renk değişimi kırmızıdan başlayarak, açık maviye doğrudur. Unity3D içerisindeki her bir nesnenin rengi bir gradient editor ve bunun sayısal kontrolü ile mümkündür. Bu geçişi temsil eden gradient editör arayüzü Şekil 11 ile verilmektedir.



Şekil 11. Ocak Beklerinin Gradyen Geçışı (Figure 11. Gradient Transition of Burners)

Gerçek dünya üzerinde ocak butonları, tamtur atmayaarak, aslında belirli bir açısal aralıkta çalışmaktadır. Sanal dünyada aynı etkiyi oluşturmak ve sanal butonların hareketlerini kısıtlamak için, kullanılan koordinat sistemine göre (sol el referanslı) eksenler dikkate alınarak, butonlar sadece kendi eksenini etrafında dönecek şekilde, uzayda X ve Y eksen hareketlerine sınır getirilmiştir.

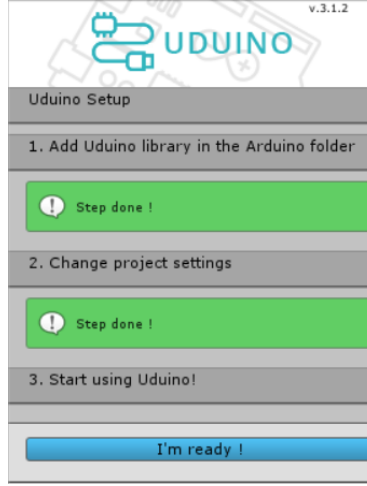
Butonun kendi eksenini etrafında dönüş sınırını kısıtlamak için ise, Unity3D içinde boş oyun nesnelere (empty game object) ve bunların pozisyonlarına eklenen mesh collider fonksiyonları kullanılmıştır. Boş oyun nesnelere içeriğinde bir 3D mesh içermeden, grafik ekranda çarpma algılama veya çarpma tetikleme için oyun tasarımlarında sıkça kullanılan nesnelere. Bu nesnelere 3D bir grafik barındırmasa da, çarpma algılama gibi (collision detection) gömülü fonksiyonların kullanılmasına olanak tanır. Buna göre her bir butonun, minimum ve maksimum açısal pozisyonlarına aslında grafik ekranda görünmeyen bir boş oyun nesnesi ve buton üzerindeki çıkıntının bu boş oyun nesnesi ile girişim yaptığı durumlar, OnCollisionEnter ve OnCollisionExit fonksiyonları ile kontrol edilerek, sanal buton eksenini üzerinde de kısıtlamalar gerçekleştirilmiştir.

2.5. Sanal Dünya ile Gerçek Dünya Etkileşimi Simülasyonu

Buraya kadar anlatılan konular, kullanıcının sanal bir ocakla interaktif etkileşimini kapsamaktadır. Ancak bu çalışmada amaç, kullanılan arayüzle, gerçek dünyada elektrikli bir mutfak eşyasının etkileşiminin gerçekleştirilerek kontrolünü kapsamaktadır. Bu kapsamda, önerilen bu arayüz için hedef olarak seçilecek elektrikli ev aletinin dijital çıktıyla kontrol edilebilen bir donanıma sahip olduğu varsayılmaktadır. Aslında bu durum günümüz ev otomasyonu çalışmalarının çekirdek talebi veya varsayımdır. Günümüzde birçok elektrikli ev aleti nesnelere interneti (IoT) standartlarını karşılayacak şekilde, dijital çıktıları işleyecek bir mikroişlemci veya mikro bilgisayar ile donatılmaktadır. Böylelikle, nesnelere interneti protokolünde yer alan herhangi bir protokol vasıtasıyla, elektrikli ev eşyalarıyla irtibata geçmek mümkündür. Dolayısıyla mikroişlemci barındıran her elektrikli ev aleti bu çalışmada sunulan mantıklı kontrol edilebilir.

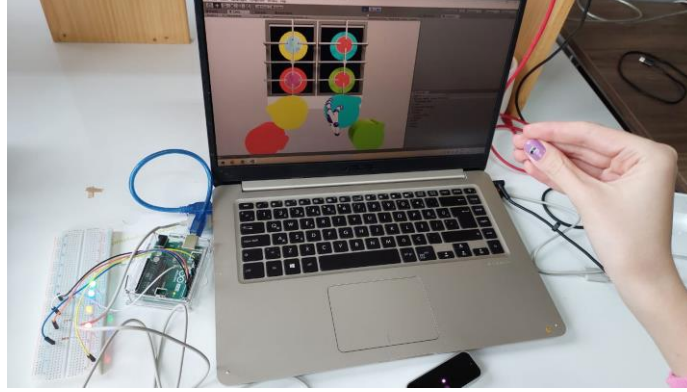
Bu çalışmada geliştirilen ocak kontrol arayüzü, sanal ortam tepkilerini göstermek için üzerinde mikroişlemci olduğu varsayılan bir sanal ocak ile simüle edilmiştir. Buna göre, arayüz ile irtibatlı olacak şekilde, Arduino Uno prototipleme kartı kullanılmıştır. Arduino, üzerinde Atmega mikroişlemcisi barındırmaktadır. Arduino IDE derleyicisi vasıtasıyla programlanabilir. Böylelikle, seri protokol ile dijital veya analog çıkışlardan veri toplayabilir, bu veriyi kullanarak, analog ve dijital çıkışlarına sinyal gönderebilir. Dolayısıyla mikroişlemcinin programlanması ile sanal ortamdan alınan veriler, yine mikro işlemcinin kontrolünde olacak olana beklerin yanma kontrolü için kullanılabilir. Bu çalışmada, ocak üzerinde istenilen bekin aktif hale getirilmesi ve bekin, arayüz üzerindeki buton pozisyonlarına göre sıcaklık seviyelerinin kontrolünü simüle etmek için, arduino analog çıkışlarına LED lambalar bağlanmıştır.

Arayüz geliştirme aşamasında, Arduino ve Unity etkileşimi, Uduino [17] kütüphanesinden vasıtasıyla sağlanmıştır. Şekil 12’de verilen arayüzle gösterildiği üzere, Uduino, donanım ile arayüz arasında seri haberleşme protokolünü kurmakta ve böylelikle, sanal ortamdaki nesnelere ile gerçek hayattaki donanım etkileşime girebilmektedir.



Şekil 12. Uduino Arayüzü (Figure 12. Uduinio Interface)

Arayüzde bulunan sanal ocaktaki her bir beki temsilen, dört ayrı LED kullanılmıştır. Sanal ocak üzerinde (Şekil 10), turuncu, yeşil, pembe ve mavi renkte butonları ve Şekil 13 ile ise, sanal ocak ile eşleştirilen LEDler görülmektedir.



Şekil 13. 3D Arayüzle Etkileşimde Olan Ocak Yanma Simülasyonu. (Figure 13. Hub Simulation Interacting with 3D Interface.)

Şekil 13 ile gösterildiği üzere, breadboard üzerinde bağlı olan her bir LED farklı bir bekin yanma durumunu simüle etmek yerleştirilmiştir. Arayüz üzerinde tek bir bek veya birden fazla bek aynı anda seçilebilir, aktif hale getirilebilir ve bu durum ilgili LEDleri yanmasıyla simüle edilmektedir. Şekil 13 ile verilen ocak simülasyonu görüntüsünde, söz konusu tüm bekler yanma pozisyonundadır. Bekin sıcaklık ayarı ise sanal ortamda bulunan butonun oryantasyonu ile orantılıdır. Donanım üzerinde bu durumun benzetimi ise, ilgili LED lambanın 8 bitlik veri ile yaklaşık 360 derecelik bir harekette gradyen şeklinde solan ışık animasyonu ile parlaklığı ayarlandığı bir algoritma ile sağlanmıştır. Buna göre yine Şekil 13 ile gösterildiği üzere, arayüz üzerinde her bir butonun oryantasyonuna göre bekin alev derecesi, breadboard üzerindeki LED lambanın ışık şiddetiyle orantılıdır.

3. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma ile temel bir elektrikli mutfak aletinin, el hareketleri ile kontrolünü sağlayan bir arayüz geliştirilmiştir. Çalışmada stereo kamera teknolojisine sahip, Leap Motion kullanılmıştır. Günümüzde akıllı sistem kontrolü için, kamera gibi çeşitli sensörler ve entegre mikroişlemci donanımlı kartlar, kolay ulaşılabilir, ucuz ve hedef birçok ürüne gömülü olacak şekilde temin edilebilir. Böylelikle, örneğin ocak, fırın ve davlumbazdan oluşan tüm ankastre set, davlumbaz üzerine gömülen entegre stereo kamera, kontrol ünitesi (örneğin Raspberry Pi) ve temel bir projeksiyon ünitesinden oluşan ile kontrol edilebilir. Bu durumda ankastre üzericileri esasen tüm kumanda ve gösterge gibi komponentlerden kurtulabilir. Bütün bu komponentlerin yerini, bu çalışmada olduğu gibi, el hareketlerini hassas bir şekilde gerçek yaşam hareketlerine göre algılayan bir arayüzle değiştirmek mümkündür. Böylelikle, başta yaşlı ve çeşitli seviyede engelli kullanıcı grupları olmak üzere, tüm kullanıcı grupları için, daha ergonomik ve sürekli güncellenen bir kullanıcı arayüzü ve tecrübesi (UI/ UX) deneyimi yakalanabilir.

Kaynaklar

- Kela, Korpipää, Mäntyjärvi, Kallio, Savino, Jozzo, et al., Accelerometer-based gesture control for a design environment, Personal and Ubiquitous Computing, vol. 10, no. 5, pp. 285-299, 2006
- Rahmat, Hasibuan, Siregar, Syahputra, (2018). A Traditional Bekel Game Using Leap Motion Controller. Journal of Physics Conference Series 1116(2):022036.

- Cho, Lee (2014). A Study about Honey Bee Dance Serious Game for Kids Using Hand Gesture: *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering* 9(6):397-404.
- Mohandes, Aliyu, Deriche (2014). Arabic Sign Language Recognition Using the Leap Motion Controller. 2014 IEEE 23rd International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)
- Potter, Araullo, Carter (2013). The Leap Motion Controller: A View On Sign Language. Conference: Proceedings of the 25th Australian Computer-Human Interaction Conference: Augmentation, Application, Innovation, Collaboration.
- Demircioglu, Bulbul, Kose (2016). Turkish Sign Language Recognition with Leap Motion. Conference: 2016 24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU).
- Nainggolan, Siregar, Fahmi (2016). Anatomy learning system on human skeleton using Leap Motion Controller, 3rd International Conference on Computer and Information Sciences (ICCOINS).
- Zaiți, Pentiu, Vatavu (2015). On free-hand TV control: experimental results on user-elicited gestures with Leap Motion. *Personal and Ubiquitous Computing* volume 19, pages 821–838.
- Zhongliu, Xin (2019). Research on Interactive System of Science Exhibition Based on Leap Motion, IOP Conference Series Materials Science and Engineering 686(1):012011.
- Mohandes, Aliyu, Deriche (2014). Arabic sign language recognition using the leap motion controller, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. 10.1109/ISIE.2014.6864742.
- Santhanakrishnan, Reddy Yerasi, Singh. (2020). Hand Gesture Based Home Automation Using Leap Motion Sensor. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(6s), 1926 - 1931
- Spiegelmock, Mischa. *Leap Motion Development Essentials*. Sayfa 6 Packt Publishing, 2013
- Tang, Webb (2018). The Design and Evaluation of an Ergonomic Contactless Gesture Control System for Industrial Robots: *Journal of Robotics* Volume 2018, Article ID 9791286.

1. Time of Flight Kameralar Erişim Adresi: https://en.wikipedia.org/wiki/Time_of_flight
2. Microsoft Kinect, Erişim Adresi: <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/apps/design/devices/kinect-for-windows>
3. Hololens Erişim Adresi: [<https://www.microsoft.com/en-us/hololens>]teknolojileri
4. How Leap Motion Works, UltraLeap, Erişim Adresi: <https://www.ultraleap.com/company/news/blog/how-hand-tracking-works/>
5. Unity 3D için Erişim Adresi: <https://unity.com/>
6. Microsoft C# için Erişim Adresi: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/>
7. Arduino için Erişim Adresi: <https://www.arduino.cc/>
8. <https://link.springer.com/conference/gw>
9. Human-Computer Interaction ISO Standarts için Erişim Adresi: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-960:ed-1:v1:en>
10. UltraLeap Erişim Adresi: <https://www.ultraleap.com/>
11. Leap Motion and Kiosk Projects, UltraLeap, Erişim Adresi: <https://www.ultraleap.com/success-kiosk-product-catalogue/>
12. Leap Motion Camera Position Visualiser, Erişim Adresi: <https://docs.ultraleap.com/CameraPositionVisualizer/>
13. RULA Table, Erişim Adresi: <https://ergo-plus.com/wp-content/uploads/RULA-A-Step-by-Step-Guide1.pdf>
14. RULA analysis Online, Erişim Adresi: <https://www.rula.co.uk/assessment.html> (Erişim Tarihi)
15. Solidworks için Erişim Adresi: <https://www.solidworks.com/>
16. Leap Motion Orion Erişim Adresi: <https://developer.leapmotion.com/releases/leap-motion-orion-410-99fe5-crpg>
17. Uduino, Asset Store, Erişim Adresi: <https://assetstore.unity.com/packages/tools/input-management/uduino-arduino-communication-simple-fast-and-stable-78402>