

# ULTRASONİK SONAR İLE MESAFE VE NESNE ALGILAMA

Ahmet BERKAY<sup>1</sup>

Murat ŞEKER<sup>2</sup>

E. Murat ESİN<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü  
Mühendislik Fakültesi

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, 41400, Çayırova/Gebze, Kocaeli

<sup>1</sup>e-posta: aberkay@bilmuh.gyte.edu.tr <sup>2</sup>e-posta: mseker@bilmuh.gyte.edu.tr

<sup>3</sup>e-posta: emesin@bilmuh.gyte.edu.tr

*Anahtar sözcükler: Ultrasonik Sonar, Grafik Arayüz, Çok Katmanlı Perceptron, Geri Yayılma Ağlar*

## ÖZET

*Bu bildiride Endüstriyel uygulamalarda sıklıkla ihtiyaç duyulan mesafe algılama ve nesne tanıma ihtiyacına değinilecektir. Söz konusu ihtiyacı karşılamak için Ultrasonik Sonar (US) sensörü kullanılacak ve diğer yöntemler ile kıyaslanacaktır. Bildirinin ilerleyen bölümlerinde ise US sensörün mesafe ve nesne algılama konusunda etkinliği test edilerek, gerçek uygulama içerisinde kullanılacaktır.*

## 1. GİRİŞ

Endüstriyel otomasyon sistemlerinde karşılaşılan ve üzerinde çalışılan temel problemler düşünüldüğü zaman ilk akla gelen konu, kontrol problemleridir. Kontrol problemleri alt başlıklara bölündüğü zaman, birinci sıraya oturan konu ise konum ve cisim algılama başlığıdır.

Konum ve cisim algılama sorunu için çözüm arayışına girildiği zaman ise dünya üzerinde söz konusu soruna en iyi çözümün, doğa tarafında getirildiği görülmektedir. Bu çözümün en iyi uygulayıcıları ise kuşkusuz yarasalardır (Şekil-1). Yarasalar sadece karanlık ve aydınlığı algılayabilecek bir göz yapısına sahiptirler ve yaşamlarını gece avlanarak sürdürürler. Buna rağmen sahip oldukları kompleks US sistemi sayesinde, karanlık bir odanın zeminindeki küçük bir tırtılı bile algılar ve avlarlar. Bunun da ötesinde besin zincirleri içerisinde bulunan bir meyveyi, yetiştiği ağaç içerisinde, uçarken, konumunu net olarak bulmakla kalmazlar; yine sahip oldukları US sayesinde söz konusu meyvenin yenebilir bir olgunlukta olup olmadığını da tespit edebilirler.

Konum ve cisim algılama problemine, doğanın bulduğu çözüm kadar geçerli ve etkin olmasa da insan yapısı birçok çözüm üretebilmiştir. Söz konusu soruna cevap olarak üretilen endüstriyel çözümler sıralanacak olursa:

1. Kızıl Ötesi (Optik) sensörler
2. Ultrasonik sensörler
3. Lazer sensörler

Optik sensörler, endüstriyel uygulamalar içerisinde özellikle cisim algılama için sıkça kullanılmaktadırlar. Bu tip sensörler temel olarak belirli bir frekansa sahip ışığın kaynaktan yollanılarak, yansıtıcı aynadan geri yansıtılarak alıcı tarafından algılanmasına dayanmaktadır. Sensör özellikle cisim algılama yönünden etkin ve ucuz bir çözüm üretse de birçok dezavantaja sahiptir. Özellikle mesafe bu tip sensörler için çok kritik bir

parametre konumundadır. Mesafe artıkça, kaynak tarafından yollanan ışının dağılımı ve geri yansıyamaması sensör için önemli bir açmazdır.



Şekil-1. Doğal US Örneği: Yarasa

Bu sebepten dolayı hatalı sonuçlar doğurabilmektedir. Bunun dışında özellikle kirli ve/veya parçacıklı ortamlarda bu tip sensörlerin yansıtıcıları sıklıkla işlev yapamaz hale gelebilmektedir. Bu durum ise endüstriyel prosesin aksamasına sebep vermektedir. Mesafe algılamasında ise bu tip sensörler çok kısıtlı çözümler üretmektedir. Genel uygulama göz önüne alındığında optik sensörler, mesafeyi kademeli olarak algılayabilirler. Şekil.2.'de görülen Sharp Firması tarafından üretilen GP2Y0D02YK kızıl ötesi sensör ele aldığı taktirde; sensörün 0-20 cm arasında sadece tek bir çıkış 20-50 cm arasında yine tek bir çıkış verebildiğini görmekteyiz. Bu sonuç ise bu tip sensörlerin mesafe algılama işlemi içerisinde etkin olarak kullanılmaya-cağını sadece çarpışma ve/veya tehlike durumları gibi çok temel ihtiyaçlara cevap verebileceklerini göstermektedir. Bu tip sensörler ile yapılan mesafe algılama uygulamaların da gözlenen diğer bir olumsuz etki ise yansıtıcı yüzeyin rengidir. Özellikle koyu renkli nesnelere üzerinde yapılan çalışmalarda, cismin sensör tarafından ya hiç algılanmadığını yada çok geç algılandığını gözlemlenmiştir. Bunu sebebi ise koyu yüzeylerin ışığı emmeleri ve yansıtmamalarıdır.



Şekil-2. GP2Y0D02YK Kızıl Ötesi Sensör

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER) tanımlamasının, yani "uyartılmış salma ile ışığın güçlendirilmesi" tanımlamasının kısaltılmış halidir. Şekil.3.'de görüldüğü gibi oluşum süreci açısından incelendiğinde; bir atom, alabileceği enerjiyle tamamen pompalanınca bünyesine daha fazla enerji alamaz. Böyle bir atom kendi uyarılmış enerjisine eşit enerjide bir ışık dalgasıyla çarpışınca, zorunlu olarak enerjisini ışık dalgası olarak verir ve çarpıştığı dalga ile aynı frekans ve fazda iki ışık dalgası yayılır. Çarpışmaların sayısını yükseltebilmek için, yani daha çok ışık kazanabilmek için, lazerin karşılıklı iki kenarına paralel iki ayna yerleştiriliyor: Bu aynalardan birine rastlantısal olarak dik bir açıyla çarpan ışık dalgası, karşıdaki aynaya yansıtılıyor ve ardından sürekli iki ayna arasında gidip geliyor, dışarıya çıkamaz. Işık parçacıkları, lazerin yapımında kullanılan malzemenin içinden geçerken, yolunun üzerinde enerji pompalanmış diğer atomlarla karşılaşılıyor ve onları da, depolamış oldukları enerjiyi ışık olarak açığa çıkarmaları için zorlar.



Şekil-3. Lazer'in Oluşumu

Lazerin endüstriyel uygulamalarından biri olan lazer sensörler ise temel olarak optik sensörler ile aynı çalışma mantığına sahiptirler. En büyük farkları ise çok daha yüksek bir dalga boyundaki bir ışık ile çalışıyor olmalarıdır. Mesafe ve nesne algılama sorunu açısından incelediğimizde ise lazer sensörlerin çok etkin bir sonuç verdiği gözlenmektedir. 1,5 km mesafeden bile 0,01 cm'lik hassasiyet ile ölçme yapabildiği düşünüldüğü zaman bu tip sensörlerin etkinliği daha iyi ortaya çıkmaktadır. Fakat bu tip sensörlerin fiyatı ekonomik olarak endüstriyel proses içerisinde yer alacak kadar henüz düşmemiştir. Özellikle otomasyon uygulamalarında bu tip sensörlerin zorunlu olmadıkça kullanımı otomasyon sürecinin fiyatında önemli artışlara sebep verecektir.

## 2. TESTLER SIRASINDA KULLANILAN DONANIM VE YAZILIM ÖZEL-LİKLERİ

US sensör testleri sırasında MATLAB® yazılımı kullanılmıştır. MATLAB® yazılımının seçim sebebi dokuz seçim kriteri ile açıklanmaktadır:

**Taşınabilirlik:** Bu kriter temel olarak kullanılan yazılımın ve de bu yazılımla ile üretilecek olan ürünün ne tip işletim sistemlerini desteklediğini ve çalıştırılabilir olduğunu incelemektedir.

**Genişletilebilirlik:** Üçüncü Kişilerin geliştirdikleri ek özelliklerin ve/veya araçların kullanılan yazılım geliştirme aracına eklenilebilirlik imkanının tanınıp tanınmadığını ifade etmektedir. MATLAB® ekleme yapılabilirliği şansı tanımaktadır.

**Yazılım Entegrasyonu ve Uyumu:** Yazılım geliştirme aracının oluşturduğu ürünün diğer yazılımların derleyicileri tarafından derlenebilirliğini ve/veya diğer yazılımlar tarafından kullanılabilirliğini belirtmektedir. MATLAB® tarafından oluşturulan ürünler; Windows üzerinde: Borland C++ Builder, Borland C/C++ Compiler, Compaq Visual Fortran, Digital Visual Fortran, Lcc - Win32, Microsoft Visual C/C++, Watcom C/C++ Macintosh üzerinde: Absoft FORTRAN 77 PowerMac, Language Systems FORTRAN, MetroWerks CodeWarrior C, MPW MrC/SC tarafından derlenebilmektedir.

**Kurulum ve Dökümantasyon:** Bu özellikte dikkat edilen ana husus kurulum sırasında gerçekleştirilmesi istenilen ayarların sadeliğidir. MATLAB®, üreticisi tarafından sağlanan kurulum sihirbazı sayesinde sadece bir kaç ayar ve yer gösterimi dışında hiçbir ilave ayara ihtiyaç duymamaktadır.

**Hafıza Etkinliği ve Hızı:** Bu seçenek ise kullanıcının ürün alırken en dikkat ettiği özellik olan hızın ve programcının seçim yaparken dikkat ettiği özellik olan hafız yönetimini kapsamaktadır. MATLAB®, C++ temelli bir yazılım oluşturma aracıdır. Bu sebepten dolayı C++ getirdiği tüm özellikleri içerisinde barındırmaktadır.

**Hata Kontrolü:** Bir çok programcının kabusu olarak kabul edilen hata tespit ve ayıklamada programın sunduğu destekleyici özellikleri kapsamaktadır. MATLAB® özellikle C++ dayalı alt yapısı seviyesinde belirli bir hata kontrol mekanizması sunsa da hata çözümü ve yönlendirme konusunda yeterince destekleyici olduğu söylenemez.

**Prototip Üretme Yeteneği :** Bu özellikte temel olarak oluşturulacak ürünün yada ürün taslağının ne kadar hızlı üretilebileceğinin kontrol eden bir özelliktir. MATLAB® temelde kullanımı kolay adaptasyonu rahat olan bir yazılım geliştirme aracıdır. Özellikle yapılacak olan uygulama göz önünde tutulduğunda bu özelliğinin iyi imkanlar sunduğu görülmektedir.

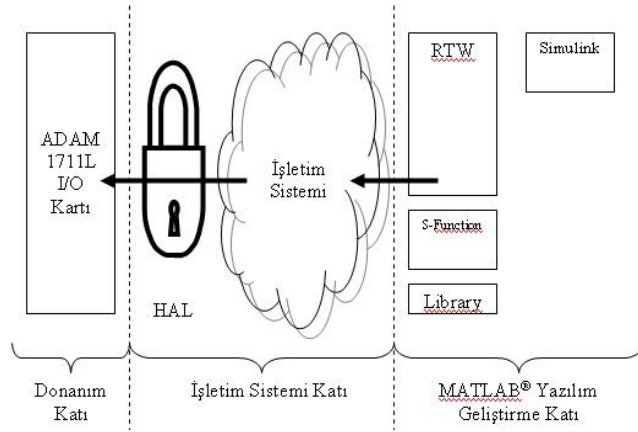
**Çevrimiçi Yardım:** Özellikle yeni kullanıcılar veya ileri uygulamalar üzerinde çalışanlar için önemli bir özelliktir. MATLAB® için gerçekten iyi bir çevrim içi yardım bulunmaktadır.

**Grafik Palet:** Özellikle görsel yanı ağır olan yazılım uygulamalar için dikkat edilmesi gereken bir özelliktir. Bu özellik içerisinde yazılım geliştirme aracının sunduğu grafik paletlerin içeriği ve kalitesi ve görüntü editörü söz edilmektedir. MATLAB® bu konuda yeterince iyi değildir.

MATLAB® programı ile geliştirilen kontrol yazılım uygulaması, şekil 4.'de görüldüğü gibi öncelikle US sensöründen gerekli olan bilgiyi toplayacak ve sensörü söz konusu amaç

doğrultusunda kontrol etmek için bir kontrol kartına ihtiyaç duyulmuştur. Söz konusu ihtiyaç Advantage firması tarafından üretilen ve yan Bileşen Bağlantı (Peripheral Component Interconnect, PCI) veri yolu üzerinde çalışan ADAM 1711L I/O kartı ile karşılanmıştır. Kullanılan kontrol kartının PCI veri yolu üzerinde çalışır tipte seçilmesinin temel sebebi ise uygulama sırasında ihtiyaç duyulacak gerçek zamanlı çalışma (Real-Time) için istenilen hıza uygun bir yapıda oluşudur.

Gerçek zamanlı çalışmayı engelleyen diğer bir dezavantaj ise kullandığımız Windows® işletim sistemlerinin bir özelliği olan Donanım Ayırma Katmanı'dır (Hardware Abstraction Layer, HAL). Bu özellik donanıma ulaşılması sırasında, öncelikleri belirleyerek her hangi bir uygulamanın kendi isteği gibi değil işletim sisteminin müsaade ettiği sırada donanıma ulaşmasını sağlamaktadır. Söz konusu katman yine MATLAB® program geliştirme aracı olan Real-Time Workshop (RTW) özelliği ile aşılmıştır. RTW tarafından sağlanan Library dosyaları sayesinde geliştirilen S-Function'lar ile oluşturulan yazılım sayesinde Windows® işletim sisteminin oluşturduğu HAL delinerek kontrol kartına 1 Khz'lik örnekleme zamanı ile ulaşılabilmiştir.



Şekil-4. Gerçek Zamanda Donanıma Erişme için Gerekli Olan İşlem Adımları

ADAM 1711L I/O kartı, US sensöründen sadece veri toplamak için kullanılmamış; şekil5.' De görülen sensörün nesne algılama işlevini yerine getirmesi için gerekli olan iki eksenli robot kolunun kontrolünü de sağlamıştır. İki eksenli robot kolunun kontrolü, yine MATLAB® programı aracılığı ile geliştirilmiş olan Grafik Kullanıcı Arayüz (GUA) sayesinde sağlanmıştır. Söz konusu robot kolu iki adım motorunun birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Bu özellik sayesinde kurulan deney düzeneği ileriki çalışmalar içinde (US sensör ile 3-boyutlu nesne tanımlama ve simülasyon) yeterli bir alt yapı hazırlanmış oldu.



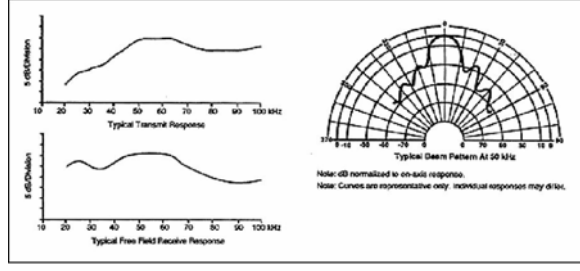
Şekil-5. İki Eksenli Robot Kolu Sensörü

US sensörler piezoelektrik malzemeden oluşurlar. Piezoelektrik; iletken olmayan billurdan yontulmuş bir levhaya belli bir doğrultuda uygulanan bir baskı (çekme ya da sıkıştırma) sonunda, billur levhanın iki yüzünde ters işaretli yüklerin (+q ve -q) ortaya çıkmasıyla nitelendirilen olaydır. Daha sonra bu olayın tersinir olduğu kanıtlandı. Tersinir bir olay olan piezoelektrik etki kuvars ve bazı seramiklerle (seignette tuzu ya da baryum titanat) özel biçimde duyarlıdır. İki yüz üstünde elektrik yüklerinin bulunmasından dolayı bu yüzler üstüne yerleştirilen iki elektrot arasında bir U potansiyel farkı ölçülebilir. Ortaya çıkan elektrik yüklerinin yüzeysel yoğunluğu, uygulanan basınçla doğru orantılıdır. Oran katsayısına piezoelektrik modül adı verilir. Bu olayın tersinir bir niteliği vardır. Söz konusu iki yüzün her biri üstüne +q ve -q yükleri uygulanırsa yada bu yüzler arasında bir U potansiyel farkı uygulanırsa, levhanın belirli bir doğrultuda genişlediği yada kasıldığı gözlenir. Uygulanan baskı U'ya orantılıdır. Sonuç olarak piezoelektrik etki ve bunun tersi, bir F mekanik kuvvetin bir elektriksel potansiyel farkına doğrudan dönüşüm elde edilmesini sağlar.

Bu çalışma içerisinde Polaroid 600 serisi US sensör kullanılmıştır. Kullanılan sensörün temel özellikleri Tablo 1.' de ve şekil 6.' da dalga yapısı verilmiştir.

Tablo-1 Polaroid 600 serisi US Sensörün Katalog Bilgileri

Özellik	Değer
50Khz'de mak. iletim hassasiyeti	110 dB
50Khz'de mak. alam hassasiyeti	-42 dB
1Khz'de gösterdiği Kapasite	400-500 pF
DC süreme gerilim	150 V
AC süreme gerilim	150 V
Mak. bileşke gerilim	400 V
İşletme Isısı	-20 <sup>0</sup> ile 60 <sup>0</sup> F
Nem koşulları	%5 ile %95 arasında



Şekil-6. Sensörün Dalga Yapısı

### 3. US SENSÖR UYGULAMASI

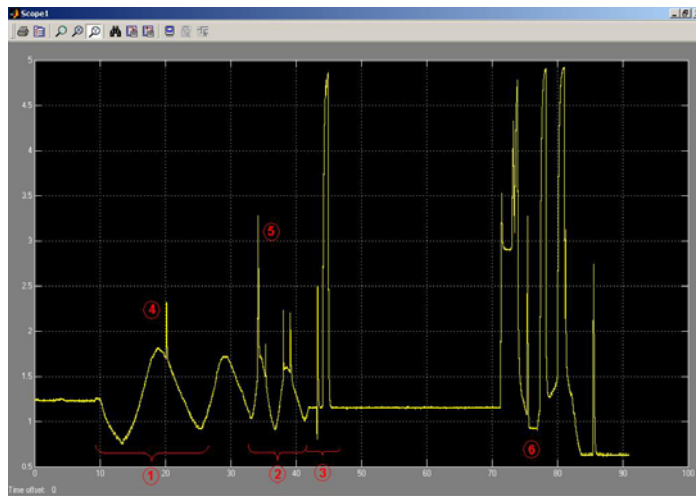
Sensörün konum ve cisim algılama yeteneği sınamak için öncelikle US sensör daha önceden ölçeklenmiş bir alan yerleştirildi. Ve daha sonra belirli mesafeden belirli hıza sahip değişik nesnelere sensöre yaklaştırılarak mesafe bilgileri ölçüldü. Şekil-7’de bu ölçüm sonuçlarını MATLAB® programı çıktısı içerisinde görmekteyiz.

1 numara ile işaretlenen kısım içerisinde düz bir alan sensöre 15 cm/sn’lik bir hızla yaklaştırılıp uzaklaştırılmıştır. Grafikten de görüldüğü gibi bu işlem sensör tarafından doğru şekilde ölçülmüş ve konumu düzgün olarak belirlenmiştir. Tek hata ise 4 numara ile işaretlenen tepe değeridir. Bu konum içerisinde sonuçlar hatalı çıkmıştır.

2 numara ile işaretlenen kısım içerisinde düz bir alan sensöre 30 cm/sn’lik bir hızla yaklaştırılıp uzaklaştırılmıştır. Grafikten de görüldüğü gibi bu işlem sensör tarafından doğru şekilde ölçülmüş ve konumu düzgün olarak belirlenmiştir. Tek hata ise 5 numara ile işaretlenen tepe değeridir. Bu konum içerisinde sonuçlar hatalı çıkmıştır.

3 numara ile işaretlenen kısım içerisinde düz bir alan sensöre 45 cm/sn’lik bir hızla yaklaştırılıp uzaklaştırılmıştır. Grafikten de görüldüğü gibi bu işlem sensör tarafından doğru şekilde ölçülememiştir. Gereğinden fazla bir gürültü közlenmiştir.

6 numara ile işaretlenen kısım içerisinde dairesel yapıya sahip bir nesne sensöre 30 cm/sn’lik bir hızla yaklaştırılıp uzaklaştırılmıştır. Grafikten de görüldüğü gibi bu işlem sensör tarafından doğru şekilde ölçülmüştür. Bu ölçüm sonuçlarına ek olarak düz nesne ile dairesel nesne arasındaki çıkış farkı grafikten kolayca ayırt edilmektedir.



Şekil-7 US Sensörün Gerçek Zamanda Ölçüm Bilgileri

#### 4. SONUÇ

Yapılan çalışma sonucunda US sensörlerin diğer konum ve cisim algılama sensörlerine nazaran daha etkin bir çözüm olduğu ortaya konmaktadır. Çalışmanın ileri aşamalarında US sensör ile 3-boyutlu nesne tarama ve modelleme işlemi için gerekli alt yapı hazırlandı.

#### KAYNAKLAR

- [1] The Math Work Inc, “Creating Graphical User Interfaces”, The Math Work Press, June 2001Version 1.
- [2] Cherish G., “What is a GUI?”, CS518 C++ Programming term paper, January 1998.
- [3] Wickens, C., D., “Engineering Psychology and Human Performance”, 2d ed., Harpers: New York:, 1992. pp. 24-109, and 116-160.
- [4] Chang C. M., Novel Universal Current-Mode Filter with Single-Input and 3 Outputs Using Only 5 Current Conveyors, ELECTRONICS LETTERS, Vol 29, Iss 23, pp 2005-2007, 1993.
- [5] The Math Work Inc, “Real-Time Workshop”, The Math Work Press, June 2001Version 4.
- [6] A., Berkay, M., Şeker, “Grafik Kullanıcı Arayüzü Kavramı Ve Matlab Uygulaması”, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar I. Kongresi, Şubat 2003 p26.