

AYLIK POPÜLER BİLİM DERGİSİ

BİLİM ve TEKNİK



YENİ UFUKLARA

ROBOTİK-2

TEMMUZ 2003 SAYISININ ÜCRETSİZ EKİDİR

HAZIRLAYAN : PROF. DR. ABDÜLKADİR ERDEN
Atılım Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü

ROBO GE

Teknolojik gelişim öngörülleri ve geleceğin teknolojileri hakkında tahminler yürütmek, ilgili uzmanlar dışındaki kişilerce bir tür falcılık gibi algılanır. Oysa ulaşılan teknoloji düzeyi ve bu teknolojinin gelişim yönü, konunun uzmanı kişilerce bilim ve mühendislik ilkeleri içinde irdelenirse, gelecekle ilgili sağlıklı ve gerçekleşme olasılığı yüksek öngörülerde bulunmak zor değil. Bu husus, gelişmekte olan tüm ilgi alanları gibi robot teknolojisi için de geçerli.

Robot teknolojisi, artık bilimsel ve teknolojik olarak ayağa kalkmış ve ilerlemekte olan bir bilim dalı ve teknolojik birikim. Robot teknolojisinin temel ilkeleri bilinmekte. Tüm eğitim kurumları ve araştırma merkezlerinde değişik düzeylerde de olsa konu üzerinde çalışılmakta. Eğitim kurumlarında ve araştırma merkezlerinde değişik düzeylerde çok sayıda proje yürütülmekte. Gerek donanım ve gerekse yazılım olarak bilinenler ve hakim olduğumuz bu teknoloji birikimi, yeni atılımlar için uygun kritik bir birikim kütesinin çok üstünde. Ancak robot teknolojisinin çok disiplinli olması ve teknolojik karmaşıklığı, önemli bir sınırlama gibi görünüyor.

Robot teknolojisinde ulaşılan bu aşamadan sonra, yeni robotların üretimini etkileyecek olan etmenleri iki grupta toplayabiliriz.

Bunlardan birincisi; daha sistematik bir şekilde teknolojinin düzenli

ilerlemesine bağlı olan gelişmelerdir. Gerek donanım ve gerekse yazılım konularında beklenen gelişmelerin benzer kapsam ve düzeyde robot teknolojisine yansıtılmasıyla robot teknolojisinde ve uygulamalarında önemli teknolojik ilerlemeler beklenmekte. Bu kapsamda, örneğin duyucu teknolojisinde olası bir gelişmenin aynı düzeyde robot teknolojisine aktarılması, olağan bir gelişme süreci. Bu tür gelişmeler, sınırlı da olsa öngörülebilir teknolojik gelişmeler. Robot teknolojisinin geleceğine baktığımız zaman, başlıca üç ayrı teknoloji alanındaki gelişmelere çok bağımlı olduğu görülüyor.

Bunlardan ilki, duyucu teknolojisi. Duyucu teknolojisinde ulaşılan düzeyde sürekli ve hızlı bir boyutsal küçülme yaşanmakta. Bu husus, robot teknolojisinde katlanarak, robot boyutlarında küçülme ve buna bağlı yeni uygulamalar üretimi sözkonusu. MEMS (Mikro Elektro Mekanik Sistemler) teknolojisinin henüz yeni gelişmekte olması bu konudaki beklentileri daha da iyimser yapıyor. Benzer eğilim, eyleyici teknolojisinde de yaşanmakta. Bilinen eyleyici sistemlerinin giderek küçülen boyutlarıyla birlikte gelişen yeni uygulamalar daha az güç ve enerji gerektirmekte, buysa küçülme sürecini giderek hızlandırmakta. Yapay kaslar, piezoelektrik malzemeler ve hafızalı malzemeler gibi yeni eyleyici önerileriyle, robot tasarımında kullanılacak teknoloji seçeneklerinin art-

ması sonucu, tasarlanan ve üretilen robot çeşitliliği de artmakta. Duyucu ve eyleyici teknolojisine paralel olarak, işlemci teknolojisi ve yapay zeka yazılımları, robotların geleceğini etkileyen ve sınırlayan önemli belirleyiciler. Ancak işlemci teknolojisindeki gelişmelerin bugünkü düzeyinde robot teknolojisindeki gelişmelere önemli bir engel olmadığı ve yakın zamanda da olmayacağı düşünülüyor. Robot teknolojisini belki de en az sınırlayan alan, yapay zeka yazılımları. Konu, robot uygulamaları için önemli olmasına karşın, yakın zamanda bu konuda önemli bir darboğaz ya da beklenmedik bir sıçrama ya da ilerleme öngörülüyor.

Robot teknolojisinin gelişim sürecini ve uygulamalarını sayı ve çeşitlilik olarak belirleyen diğer husus, bilinen teknolojiyi kullanarak yeni robotların tasarlanmasını ve üretimini sağlayan insan yaratıcılığı. Bu konudaki gelişmeleri ve olası gelişim yönünü ve hızını belirlemek, önceki konuya göre daha güç. Yeni robotların üretimi ya da varolan robotların yeniden tasarımında en önemli etmen, tasarımcının yaratıcılığı. Yaratıcılık, insanın en önemli özelliklerinden biri. Güncel olarak varolmayan sistem, cihaz ve makinelerin tamamen insan düş gücüyle önce insanın düşüncesinde, daha sonra varolan teknolojik olanaklarla fiziksel olarak gerçekleştirilmesi, bilimsel ve mühendislik yaratıcılığı ola-

ROBOTLARIN GELECEĞİ VE GELECEĞİN ROBOTLARI

rak tanımladığımız bir olgu. Bu tür yaratıcılık, bilim ve mühendislik tarihinde her zaman en önde gelen itici güçlerden birisi olmuştur. Varolan bilimsel ve teknolojik bilgi birikimine insanın yaratıcılığının eklenmesiyle teknolojik gelişim sürecimizde çok önemli sıçramalar oluşmuştur. Robot teknolojisindeki önemli beklentilerimizden ikinci grup, bu tür insan yaratıcılığına bağlı ve sıçrama niteliğindeki gelişmeler.

İnsan yaratıcılığından kaynaklanarak gelişen robot teknolojisinde, özellikle bir grup robot dikkat çekmekte. Bu robotlar varolan biyolojik sistemleri (özellikle hayvanları) taklit eden robotlar. Bu kapsamda yılan, maymun, köpek, böcek vb canlıları görünüm ve işlevsel olarak taklit edebilen çok sayıda robot yapıldı. Halen bu tür robotların tasarımı ve geliştirilmesi konusunda değişik merkezlerde önemli çalışmalar yapılmakta. Bu tür çalışmaları sistematik bir düzenleme içinde tanımlamak mümkün; ancak taklit edilmeyi bekleyen canlıların sayısının çok

yüksek olması bu çalışmayı güçleştiriyor. Bu çalışmaların robot teknolojisine en önemli katkısı, varolan teknolojinin robotlar üzerinde yaygın bir şekilde kullanılmasını sağlamak, teknolojinin sınırlarını sınamak ve zorlamak. Canlıların işlevlerinin robot teknolojisi kapsamında taklit edilmesi, robot teknolojisini etkileyecek ve itici güç oluşturması olası en önemli hususlardan biri. Bu kapsamda “biyometik” gibi, yeni gelişmekte olan bilim kollarının önemli katkıları olması beklenmektedir.

Robot teknolojisinde uygulama düzeyinde yakın gelecek içindeki beklentiler, robot teknolojisi üzerine yoğunlaşmış araştırma merkezleri ve üniversitelerdeki araştırma çalışmalarının sonuçlarına bağlı olarak gelişecek. Endüstriyel robot teknolojisinin beklentileri, daha hafif ve daha hızlı robotlar geliştirilmesi yönünde. Üretim maliyetlerinin azaltılması, üretim mühendislerinin robot teknolojisinden en önemli beklentileri. Benzer şekilde, endüstriyel nitelikli gezer robotların

üretim maliyetini azaltıcı ve üretim hızını artırıcı etkileri beklenmektedir. Bu beklentiler tüm robot uygulamalarında var. Giderek artan hassasiyet, güvenilirlik, ve azalan maliyetler genel beklentiler içinde ön sırada yer almakta.

Uygulama düzeyinde robot teknolojisinin geleceğini iki boyutta düşünmek gerekir.

Varolan uygulamaların giderek genişlemesi ve yaygınlaşması, bunlardan biri. Endüstriyel, tarım, askeri, tıp ve diğer uygulamalarda kullanılmakta olan robotlar sayı olarak giderek çoğalacak, kalite ve güvenilirlikleri artacaktır. Bu konuda her sektörde, az ya da çok, daha iyimser olmak için bir eğilim var. Bu eğilimin gelişen üretim teknolojisiyle artarak süreceği ve yakın zamanda bazı konularda insan müdahalesine gerek kalmadan bazı işlerin diğer teknolojilerin izin verdiği en iyi şekilde yapımı mümkün olacaktır.

Robotların diğer gelişim yönü, varolan uygulamalara ek yeni uygulamalar üretilmesi. Bu konu daha çok yaratıcılık istemekle birlikte hem gündelik yaşantımızda, hem de tüm sektörlerde robot teknolojisi uygulamasıyla ilgili çok büyük boşluklar olduğu düşünülmekte. Bu boşlukların robot teknolojisiyle doldurulması, güncel bilgi birikimimize göre, teknolojik olmayıp, daha çok ekonomik kararlara ve ayrılacak insangücüyle orantılı. Yeni robot uygulama alanlarının üretilmesiye tamamen insan düş gücüne bağlıdır. Bu kapsamda robot teknolojisinin yaygınlaştırılması, özellikle her düzeyde eğitim kurumlarında robot teknolojisi konusunda çalışmalar yapılması, mümkün olduğu kadar çok sayıda insana bu teknolojinin ulaştırılmasıyla, insanlarda varolan yaratıcılık yeteneklerinin bu konuya yönlendirilmesiyle olası robot çeşitliğinin artırılması hedeflenmeli.

Abdülkadir Erden

Robot Toplulukları

Robot teknolojisi profesyonel ve ileri düzeyde çalışma yapılan bir konu olduğu gibi, üniversite, lise ve kişisel hobi düzeyinde de çalışma olanağı sağlayan bir konu. Basit de olsa robot teknolojisinin öğretilmesi ve öğrenilmesiyle, insanın kendi yaratıcılığını birleştirmesi sonucunda, ortaya çok başarılı robot örnekleri çıkabilmekte. Bu kapsamda dünyada çok sayıda örnek çalışma grupları var. Türkiye’de de, üniversite düzeyinde robot teknolojisi eğitimi almaya da robot tasarımı ve üretiminde çalışmak isteyen öğrencilerden oluşan robot toplulukları var. Bu topluluklar aşağıda listelenmiş durumda. Bazı üniversiteler tarafından yapılan robot yarışmaları, bu konuda ilginç çok yüksek olduğunu göstermektedir.

Türkiye’de üniversiteler düzeyinde, çeşitli üniversitelerde robot teknolojisine yönelik eğitim programları, dersler, ve araştırma projeleri var. Endüstriyel düzeydeyse daha çok endüstriyel robot kol, daha az sayıdaysa taşıma robotları uygulamaları bulunmaktadır.

Üniversitelerde robotlarla ilgili öğrenci topluluklarından bazıları:

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Robot Topluluğu

<http://robot.metu.edu.tr/>
robot@metu.edu.tr

Sabancı Üniversitesi Robot Kulübü
<http://kulup.sabanciuniv.edu/~robot/>
robotics@sabanciuniv.edu

Bilkent Üniversitesi Bilkent Robot Topluluğu
<http://brt.bilkent.edu.tr/>
brt@ug.bilkent.edu.tr

Atılım Üniversitesi Robot Topluluğu
<http://mechatronics.atilim.edu.tr/robot/robot-society.htm>
robot@atilim.edu.tr

MINİ/MİKRO

Mühendislik teknolojisinde öne çıkan önemli bir teknolojik gelişim ve eğilim; ürünlerin giderek küçülmesi, ya da batı dillerinde kısaca "minyatürleşme" olarak adlandırılan süreç. Ürün boyutlarının küçülmesi, son 10-15 yılda yaşanan ve teknolojik gelişimi temelden etkileyen önemli bir olgu. Bu olgu yalnızca varolan ürünlerin boyutlarının küçülmesi olarak düşünülmemeli. Küçülen makine ve ürün boyutları, ve buna bağlı olarak gelişen teknolojiyle daha önce tasarımı ve üretimi mümkün olmayan, ve hatta düşünilemeyen yeni makineler ve sistemler de tasarlanmış ve gelişmiş durumda.

Özellikle elektronik ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, ve bilgisayar, havacılık ve uzay endüstrisinin talepleri sonucu minyatürleşme sürecinde bugünkü konuma ulaşıldı. Minyatürleşme sürecini etkileyen ve gelişmesini sağlayan başlıca üç temel konu olduğu görülüyor:

1. Metalurji mühendisliği ve malzeme bilimindeki gelişmeler sonucunda olağanüstü özelliklere sahip ileri malzemeler üretildi. Özellikle uzay ve havacılık endüstrisinden gelen bu malzemeler çok pahalı olduklarından, kullanılabilir olmaları için makine ve makine elemanlarının boyutlarının küçültülmesi gerekti. Bu malzemelerin yüksek dayanıklı olmaları nedeniyle küçük boyutlarda kullanılmaları sorun yaratmadı. Ancak alışılmış yöntemlerle işlenemeyen bu malzemelerin işlenilmesi için "alışılmamış imalat yöntemleri" olarak adlandırılan yöntemler geliştirildi. Bunun sonucu olarak artık işlenebilen özelliğe kavuşan olağanüstü nitelikli malzemeler giderek çoğalmış ve yaygınlaşmış bulunuyor.

2. Elektronik endüstrisinde transistörün icadıyla başlayan bir dizi yeni ürünün, o dönemde bilinen yöntemlerle seri üretimi mümkün olmamıştı. Bu amaçla yeni yöntem arayışları sonunda gelişen imalat yöntemleri, o günlerde beklenenden daha iyi sonuçlar vererek elektronikte minyatürleşme sürecini başlattı. Parça boyutlarının küçülmesiyle azalan imalat giderleri sonucu, yeni geliştirilen imalat yöntemlerinin gelişme süreci büyük bir ivme kazandı. Bunun da bir sonucu olarak, minyatür parça üretimi çok ucuzladı, hızlandı ve yaygınlaştı.

3. Olağanüstü özelliklere sahip yeni malzemelerin, olağanüstü küçük boyutlarda ve şekillerde üretilebilmesi, tasarım mühendislerine yeni ürünler geliştirilmesi konusunda geniş ufuklar açmış durumda. Giderek artan ürün çeşitleri, yeni ürün taleplerini de artırarak, giderek artan ve hızla parasal kaynağa dönüşebilen bir potansiyel yarattı.

Mekatronik mühendisliğiyle minyatürleşme sürecinin birleşimi sonunda, teknoloji tarihinde ilk kez ürün boyutlarında devrim niteliği sayılacak yeni ürünler üretilmesi mümkün oldu. İnsan konforunu tanımlayan kavramların değişmesi gerekti ve tamamen yeni teknolojik alanlar ve uygulama alanları geliştirdi. Ürünlerin geometrik boyutlarıyla birlikte ağırlıkları ve maliyetleri azaldı. Sonuçta mikromühendislik ola-



İşçile robotlar

rak adlandırılan yeni bir mühendislik ilgi alanı geliştirdi. Mikromühendislik konularının ağırlıklı olarak mekatronik nitelikli olması nedeniyle, mikromekatronik terimi, mikromühendislik teriminden daha çok kullanılmaya başlandı. Benzer şekilde, mikrooptik ve mikrooptomekatronik terimleri de kullanılmaya başlandı. Şekilsel anlamda bir tanım gerekirse; mikromekatronik, mikromühendisliğin mekatronik nitelikli özelliklerini ve ürünlerini kapsayan bir alan. Mikromekatronik nitelikli ürünler, Japonya ve Uzakdoğu ülkelerinde mikro makineler, ABD ve Avrupa ülkelerindeyse mini/mikro robotlar olarak tanımlanmakta (mini boyut tanımı milimetreler mertebesi, mikro tanımıysa milimetre altındaki boyutlar olarak tanımlanmıştır).

Mikro mühendislik uygulamalarının belirgin özellikleri şunlar:

- Mühendislik tasarımında kuvvetli bütünlük yaklaşım: Bu kapsamda mekatronik ve çok disiplinli unsurların bir ürün üzerinde odaklanması anlaşılıyor.

- Ürün ve eleman düzeyinde işlevlerin kuvvetli bir şekilde kaynaştırılması, bütünlüştürülmesi büyütülmesi: Bu kapsamda, daha önceden ayrı elemanlar tarafından üstlenilen farklı işlevlerin bir eleman üzerinden gerçekleştirilmesi anlaşılıyor.

- Bağımsız elemanlardan oluşan montaj makine tanımının terkedilerek, bir parçadan oluşan birbütün makine tanımının geçerli olması.

Mikromühendislik mini ve mikro boyutlarda ürünlerin tasarımı ve üretimini sağlayan teknoloji, yöntem ve yaklaşımları geliştiren ve uygulayan mühendislik dalı olarak tanımlanmaktadır. Genelde mikromühendislik, özeldense mikromekatronik ürünlerin tasarımı ve üretimi, alışılmış yöntem ve yaklaşımlarla mümkün değil. Bu konularda yeni yöntem ve yaklaşımları geliştirmek ve uygula-



Endoskopide kullanılan bir mini robot

mak, teknolojik bir zorunluluk ve akademik bir ilgi alanı olarak görülüyor. Son on yılda yaşanan gelişmelerle günümüzde ulaşılan teknolojik düzeyde mikro elektronik endüstrisinin sağladığı olanaklar ve hassas işleme yöntemlerinin uygulanmasıyla mini ve mikro düzeyde üç boyutlu mekanik ve elektromekanik elemanların üretilmesi mümkün olmuş durumda. Böylece bu tür mikro elemanların (mekanizmalar, motorlar, duyucular ve piller) üretilmesi ve kullanıma başlanması sonucu bütünlük sistemler ve mini/mikro makineler yaygınlaşmış ve yeni bir mini/mikro teknoloji dünyası yaratıldı. Çağdaş bir mini/mikro makine; mekanizma teknolojisini, eyleyicileri, duyucuları, denetim elemanlarını, enerji kaynağını küçük boyutlu bir paket içine sığdıran bütünlük yapılaşmayı olanaklı yapan mikromekatronik bir sistemdir. Mikromekatronik sistemlerin temel taşlarından biri de Mikro Elektro Mekanik Sistemler (MEMS) teknolojisidir. MEMS, mekanik ve elektronik yapıtaşlarının ortak bir silikon yatağı üzerine entegre edilmesiyle oluşan ve fiziksel boyutları mikron seviyelerinde olan özel tasarımlı sistemler bütünüdür. MEMS ürünleri bir ya da birden çok mikro mekanik ve mikro elektronik yapıyı içinde barındırır. Bu tür sistemlerin üretiminde çok özel işleme ve üretim teknikleri, özel yapı malzemeler ve mikro fabrikasyon teknolojisi kullanılır.

Mini/Mikro Robotlar

Hızla gelişen teknolojiyle birlikte, insanın konforlu bir şekilde yaşamasını ve çalışma koşullarının iyileştirilmesini sağlamak amacıyla, her geçen gün yeni mekanik ya da robotik sistemler geliştirilmekte. Özellikle MEMS teknolojisiyle bilim dünyasının gündemine oturan ve yukarıda yalnızca birkaçından bahsedebildiğimiz mini/mikro yapı ürünlerden, fonksiyonel komple bir bütün oluşturma düşüncesi mini/mikro robot kavramını ortaya çıkardı.

Mini/mikro robotlar adından da anlaşılacağı üzere çok küçük boyutlarda, hafif, yüksek MEMS teknolojisi sayesinde maliyeti düşük, çok fonksiyonlu, esnek, bütünlük yapı (karmaşık mikro-mekanik, mikroelettronik ve yazılım sistemlerinin çok küçük bir alanda bütünlüştürülmesidir) robotik sistemlerdir. Bu robotlar genellikle MEMS teknolojisinin ya da diğer yüksek teknoloji tesislerin ürettiği duyuculardan, mikro işlemcilerden, motor ve eyleyici sistemlerinden oluşurlar. Özel mini/mikro mekanik tasarımları, programlanabilir geliştirilmiş elektronik yapıları, özel duyucu ağıyla bu robotların işlevselliği artırılmış durumda. Az yer kaplamaları ve otomatik çalışmaya elverişli oluşları, bu sistemlerin akla gelen diğer özellikleri. Mini/mikro robotların her türlü çevresel ortama (kara, hava, su, özel kimyasal ve biyolojik sıvılar) uyum sağlanmaları amaçlandığından, üretim aşamasında özel yapı malzemeler kullanılır.

D ROBOTLAR

Mini/ Mikro Robotların Uygulama Alanları

Enerji santralleri: Güç santralleri, benzeri enerji üretim tesisleri ve insan yaşamı için tehlikeli ortamların bulunduğu fabrikalarda arama, izleme, bakım ve tamir görevleri için mini robotlar geliştirilmiş ve uygulamaya konulmuş bulunmaktadır. Bu robotlar özellikle insan için olumsuz olan çalışma koşullarında ya da insanın ulaşamayacağı boyutlardaki ortamlarda çalışırlar. Karmaşık boru sistemlerinin arasında dolaşabilir, gözlem, bakım ve tamir işleri yapabilir. Özellikle boru içlerinde dolaşan robotlar, boru iç çeperlerinde gözlem yaparak olası hasarları ve arızaları önceden sezme olanağı sağlarlar. Boru içlerinde dolaşan bir minimakinine, genellikle bir kapsül içine yerleştirilmiş makine, gözlem ve ölçüm cihazları ve boru üzerinde işlem yapabilen birimlerden oluşur. Mitsubishi Electric Corp., Sumitomo Electric Ind. Ltd. ve Matsushita Research Inst. Inc. tarafından ortaklaşa geliştirilen minirobot, boyutları 5x9x6,5 mm'lik kutu şeklinde. Robotun ağırlığı 0,42 g, ilerleme hızıysa 2 mm/san. Bu mini robotlar küçük çaplı borular arasında dolaşabilir ve yük taşıyabilirler. Robotlar arasında işbirliği sağlanabilmesi için robotların birbirlerini tutabilecekleri özel düzenekler de var. Bu alandaki diğer bir çarpıcı örneğe, Ukrayna'daki Çernobil nükleer santraline gönderilen mini robot. Bu robot, insan için nükleer tehlike taşıyan santralin içinde bulunan her şeyin üç boyutlu gerçek fotoğraflarını araştırmacılara göndermekte.

Tıbbi Uygulamalar: Özellikle büyük hassaslık ve önem gerektiren insan vücudunun karmaşık sistemlerinde kullanılmak üzere mikro robotlar geliştirilmiş bulunmaktadır. Çok hassas ve kesin hareket yetenekleri olan ve karmaşık yapılar içeren bu robotlar, kalp ameliyatlarında ve kalp hastalıklarının tedavisinde, kanserli bölgelerin algılanması ve tedavisinde, endoskopi uygulamalarında, her türlü kimyasal ve biyolojik sıvı içeren kültür ortamlarının incelenmesinde kullanılıyorlar. Bu alandaki çarpıcı örneklerden biri "İsveçli Mikro Robotlar". İsveçli mikro robotlar, özel olarak geliştirilmiş plastik kaslarıyla, çok küçük cam tanelerini buldukları ortamdaki alma ve başka bir yere taşıma özelliğine sahiptirler. Robotların boyuları 0,5 mm'den biraz fazla, genişlikleri ise 0,25 mm'den daha az. İsveçli mikro robotlar diğer robot örneklerinden farklı olarak kan, üre ve kiltür hücrelerinin üretilebileceği özel kimyasal ve biyolojik sıvılar gibi çok farklı ortamlar içerisinde çalışabilirler. Bu nedenle biyologlar, mikro robotların bu tür özelliklerinin kendi çalışmalarında çok faydalı olacağını düşünmektedirler. Bu minik kaslı sıvı altı robotlarından düzenli bir yapı oluşturulursa; insan damarlarının içinde kanda rahatça dolaşır, hastalıklı hücreleri arayan, inceleme ve tedavi için bu hücreleri vücuttan dışarı çıkaran sistemlerin oluşturulması amaçlanmaktadır.

Bu alanda yapılan diğer bir çalışmaya Japonların geliştirdiği mini robotlar. Bu robotlar radyo kontrollü olup, görüntü almak için üzerlerinde kamera taşıyorlar. Robotların boyları 5 cm'den,



Nanorovers

enleriyse 2,5 cm'den küçük. Bu robotlar, bağırsaklarda ülser arama çalışmalarında kullanıldı.

Endoskopi ve enstrümantasyon için geliştirilmiş, organlar içinde hareketli, teşhis ve tedavi amaçlı robotlar da var.

Mikro Fabrika Uygulamaları: Elektronik uygulamalarda, saat ve kamera gibi hassas sistemlerin üretilmesinde kullanılan çok küçük parçaların insan eliyle ya da büyük makine hatlarıyla yapılması mümkün değil. Bu tür sistemlerin üretiminde çok hassas ve kesin hareket yeteneği olan minyatür araç ve gereçlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu özelliklere sahip olan mini/mikro robotlar, bu araç ve gereçlerin yaptığı görevleri başarıyla yapabilmekteler. Mikro fabrika alanında yapılan çalışmalara verilebilecek örneklerden bazıları şunlardır:

İsveçli Mikro Robotlar: Bu robotlar, altın ve iletken polimerlerin (polypyrrole gibi) silikon bir çerçeveye kaplanmasından oluşurlar. Robotun yapısında bulunan polimerler, sistemin içinde bulunduğu sıvının oluşturduğu pozitif ve negatif iyonların etkisiyle büzülür ya da genişlerler. Bu etki, robotun belli bölümlerinin kıvrılmasına ve



Mars gezegeni için Mikroover

bükülmesine neden olur. Gözlenen bükülmelerin dikkatli bir şekilde analizi ve kontrolü yapıldığında, araştırmacılar robotlara bu etkileri dirsek, bilek, el ve hatta parmak hareketi olarak aktarabileceklerini düşünmüşler ve bunu da başarmışlar. Oluşan elektrolitik çözelti ortamında robotlar elektriksel çekim kaynağı gibi davranmaya başlarlar. Resimde görülen robotlar bu etki sonucunda çok küçük cam tanelerini el, bilek ve dirsek hareketleri sayesinde bir yerden alıp 0,25 mm ötesindeki diğer bir yere götürebilmişlerdir. Bu robotlar, aynı zamanda minyatür konveyörler arasında da boyutları el verdiği ölçüde taşıma yapabilmekteler. Dolayısıyla mikro robotlar, potansiyel birer minyatür fabrika işçisi olarak düşünülmürlür.

Mikro Fabrikasyon Araba: Mikro makineler kavramsal bir örnek olmak üzere 7 mm boyutlarında minyatür bir araba mikro fabrikasyon teknikleri kullanılarak üretilmiştir. Bu araba bir şasiden, kabuk gövdeden ve 1 mm çapındaki elektro magnetik motordan oluşmaktadır. Motorun yapısında çekirdek bir şaft, bobin tel, özel bir aletle manyetikleştirilen silindirik şekilde kalıcı bir mıknatıs var. Elektrik gücüyle bu mini arabanın hızı, maksimum 100 mm/dak. Bu araba aynı zamanda dünyada tekerlekle sürülen mekanizmalar içinde en küçük olanı. Yüksek hızlı bir kamerayla arabanın hareket karakteristikleri incelenmiş bulunmaktadır.

Uzay Çalışmalarındaki Uygulamalar: Uzay mekiklerinin içinde az yer kaplayan, fonksiyonel ve önemli görevler üstlenip astronotların işini kolaylaştıran sistemlere ihtiyaç duyuluyor. Bu nedenle, bu tür özelliklere sahip olan mikro / mini robotlar ve makineler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuş durumda. Bu robotlar aynı zamanda gezegenlerin yüzeyine indirilerek gözlem

yapma, veri toplama, örnek alma gibi görevleri de üstleniyorlar. Bu robotlar boyutları küçük, hafif, maliyetleri az fakat sayıları çok olan robotik sistemler. Bu şekilde, robotlardan herhangi biri bozulduğunda görev yarım kalmadan, diğer robotlar işlerine devam edebilirler. Aynı zamanda robotların sayısının fazla olması, gezegen yüzeyinin farklı bölgelerinden görüntü alma ve veri toplamayı kolaylaştırır. Aşağıda, uzay çalışmalarında kullanılmak üzere geliştirilen mini robotlardan bazı örnekler var:

Nanorovers: NASA ve MIT'nin geliştirdiği bu prototip robotların, gezegen yüzeylerini keşfetmek için kullanılmaları planlanıyor. Boyutları küçük, ağırlıklarıysa 10-100 gram arasında. Nanorover'lar gezegen, uydu ve Mars araştırmaları için özel olarak tasarlanmışlar. İletişim sistemi de eklenen robotların uzayda birbirleriyle ve merkezle haberleşmeleri amaçlanıyor.

Mars için 10-Gram Microrover: Mars yüzeyini keşfedecek 10 Gram ağırlığındaki microrover'larda amaç, bu robotların gezegen yüzeyine dağılıp birlikte veri toplamalarını sağlamak. Özel duyuucuları ve programlanabilir yapılarıyla boyutlarından beklenenden daha çok bilgi toplayacakları düşünülen robotlar, tek bir robotun yapamacağı görevi birlikte tamamlayabilecekler.

Solette: MIT'nin çalışmalarından biri olan ve 10 gramlık robota doğru atılmış ilk adım sayılan robot sistemi Sollette'tir. Tamamen otomatik olan 30 gram ağırlığındaki robot, güneş enerjisiyle çalışan panellerden yapılmış bulunuyor. 9600 baud frekansındaki radyo alıcıları kullanarak merkez istasyonla haberleşebiliyor. Toplanan güneş enerjisi, bir kapasitörde biriktirilerek robota güç veriyor. Fakat bu boyuttaki bir robot için, tekerlek boyutları kısıtlayıcı.

Hopette: Yine MIT'nin geliştirdiği Hopette adlı robot 15 gram olup Solette'in taşıdığı özelliklerin tamamına sahip. Solette'teki tekerlek sorunu, diğer bir deyişle robot boyutlarından daha büyük engelleri aşamama sorunu, Hopette adlı robota hoplama ya da zıplama yeteneği kazandırılarak giderilmiş. Bu robot aynı zamanda gözlem yapabilmek için üzerinde bir kamera taşımakta.

Askeri Uygulamalar: Diğer bütün alanlarda olduğu gibi askeri amaçlı olarak da mini/mikro robotlar kullanılıyor. Askeri mini robotlar mayın tespit ve imhası görevlerinde, casusluk amacıyla kara, deniz ve hava aracı olarak, kimyasal ve biyolojik madde analiz ve tespit görevlerinde kullanılırlar. Bu alanda yapılan çalışmalardan birkaç örnek aşağıda verilmiştir.

Sandia Laboratuvarlarının geliştirdiği mini robot: Sandia Ulusal Laboratuvarlarının geliştirdiği ve dünyanın en küçük otomatik robotu sayılan bu robot, çeyrek inç küp hacminde ve bir ons'tan az ağırlıkta. Robotun yapısında bir mikro işlemci, tank benzeri paletleri sürmek için iki motor, üç adet saat pili ve bir sıcaklık duyucusu var. Bu robot, mikro miyatürleşmiş otomatik araçların birçok farklı alanda başarıyla kullanılabilmesini göstermek için tasarlanmış ve üretilmiş. Bu alanlardan birkaçı şöyle sıralanabilir: Kara ma-



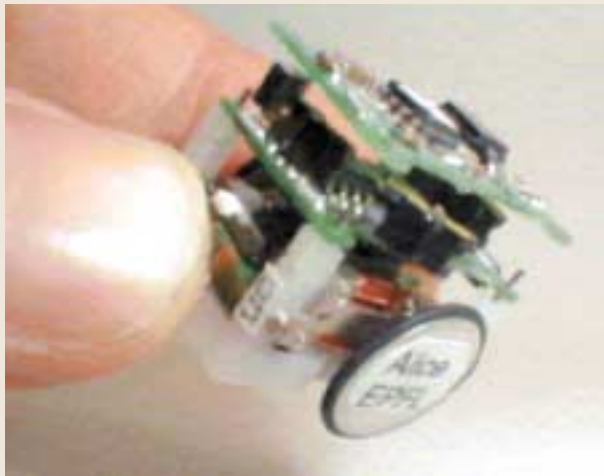
Solette isimli robot

ınlarının tespiti; kimyasal ve biyolojik silahların yerinin bulunması; boru, delik gibi çok küçük ve dar yerlerden bina içlerine sızma; gözlem ve bilgi toplama, bu robotların yapabileceği görevlerin yalnızca bazıları.

Sandia Laboratuvarları, robotların sayısını çoğaltarak bu robotların üzerine radyo haberleşme sistemleri koymak için çalışmalar yürütmekte. Böylece, robotlar hem bir görevi birlikte yapabilmek için kendi aralarında haberleşebilecekler, hem de topladıkları verileri insan gözlemciler bu yolla geri gönderebilecekler. Yakında, iki yönlü iletişim için kablosuz kızılötesi ya da radyo alıcıları, video ve kızılötesi kameraları, mikrofon ve kimyasal duyucu zincirleri bu robotların üzerine eklenecek.

Patlayıcı İmha Karınca Robotları: MIT Yapay Zeka Laboratuvarları tarafından geliştirilen ve karıncalar adı verilen robotlar, patlayıcı imha projesi kapsamında ve yapay zeka çalışmalarında kullanılmak üzere geliştirilmiş. Bu amaçları gerçekleştirmek için patlayıcısız fakat çeşitli cisimlerin dağıtım bir şekilde belli bir alana yayılmasıyla oluşan yapay bir mayın tarlası modeli hazırlanmış. Karınca Robot topluluğunun, bu mayın tarlasındaki cisimleri (mayınları) etkili bir şekilde temizlemesi (yerlerini saptaması ve yapay olarak patlatması) hedeflenmiş. Doğadaki karınca kolonilerinden esinlenerek yapılan karınca robotlardan herhangi biri mayın bulduğunda, tıpkı karıncalarda olduğu gibi diğerlerine sinyal gönderiyor. Bu robotların yapımında birçok özel duyucu ve işlemci kullanılmış. Robot boyutları yalnızca 25 mm kadar.

Eğitim Uygulamaları: Yukarıda bahsedilen karıncalar, aynı zamanda MIT'de yapay zeka çalışmalarında eğitim için de kullanılmış. Bu robotlardan, gerçeğe çok benzeyen bir karınca kolonisi oluşturulmuş ve bu karıncalara çeşitli oyun-



Alice robot

lar oynatılmış, görev paylaşımli işler verilmiş. Karıncalar arasındaki iletişim ağı kullanılarak besin arama ve bulma, çevre ortamını algılama gibi, gerçek bir karıncanın yapabileceği tüm görevler yapay zeka sistemi sayesinde başarılmış.

Yapay zeka çalışmalarına verilebilecek diğer bir örneğe İsviçre Federal Enstitüsü EPFL ve LA-MI'nin ortak olarak geliştirdiği Alice adlı mini robot. Alice, oldukça küçük boyutlara sahip (22x20x19 mm). Robotun üzerinde kızıl ötesi ve radyo alıcıları var ve kendisiyle aynı yapıda diğer robotlarla iletişim kurabiliyor. Bu robotlar üzerinde yapılan bir çalışmayla robot bir futbol takımı oluşturma ve bu amaca uygun yapay zeka geliştirme hedefleniyor.

Sonuç

Bütün bu örneklerden de görüldüğü gibi birçok konuda teknolojik ürünler boyutsal olarak giderek küçülmekte fakat buna paralel olarak ürünlerin işlevselliği, esnekliği ve verimliliği artmakta. Boyutların küçülmesi maliyetin azalmasına, mekandan tasarruf sağlanmasına ve ürün naklinin kolaylaşmasına yardımcı oluyor. Tüm teknoloji alanlarında minyatürleşmeye doğru büyük bir eğilim var. Bu eğilim, ve mini/mikro boyutlarda yeni robotlar ve uygulamalar üretmek için yapılan çalışmalar, Türkiye koşullarında da sürdürülmekte. Daha az riskli olmaları nedeniyle özellikle savunma sanayii ağırlıklı uygulamalar bu konuda öncü niteliğinde.

Dilek Başaran

Tübitak-SAGE

Burhanettin Koç

Mekatronik Mühendisliği Bölümü,

Atılım Üniversitesi, Ankara

Abdülkadir Erden

Mekatronik Mühendisliği Bölümü,

Atılım Üniversitesi, Ankara

Kaynaklar

- <http://zzzthai.fedu.uec.ac.jp/~s99schpi/microreport.html> Chenpin Hsu, Micro - mechatronics' current status and future, Micro-mechatronics report.
- <http://www.mitech.sssup.it/NewUnderConstruction/research/micro/default.htm> MITech Lab, Research at MITech Lab, MicroEngineering
- [http://ee.eee.metu.edu.tr/~tayfun/a/MEMS Technology](http://ee.eee.metu.edu.tr/~tayfun/a/MEMS%20Technology)
- <http://news.zdnet.co.uk/story/0,,t269-s2079684,00.html> A Year Ago: Japanese develop tiny robot, ZDNET UK NEWS, 21 Jun 1999
- Margaret Kane, ZDNET UK NEWS, 28 May 1999
- <http://www.micromuscle.com/pdfs/bbc.pdf> BBC News, Thursday, 29 June, 2000, 18:00 GMT 19:00 UK
- <http://www.ukindia.com/zip2/zatech3.htm> TECHNOLOGY, Updated May 9 97
- <http://www.pont-tech.it/mmicc/examples.htm#mini-rob> Medical Micro-Instruments Competence Center, Minirobots for Endoscopy Instruments
- http://home.earthlink.net/~trimmerw/mems/jmms_abstracts.html A. Teshigahara, M. Watanabe, N. Kawahara, Y. Ohtsuka and T. Hattori, "Performance of a 7-mm Microfabricated Car", JMEMS Volume 4 No 2 page 76
- <http://www.ai.mit.edu/projects/mars-rovers/rockettes.html> MIT Artificial Intelligence Laboratory, The Rockettes.
- New Channels Technology, 2 August 2001
- <http://www.ai.mit.edu/projects/ants/> MIT Artificial Intelligence Laboratory, Explosive Ordnance Disposal Robots.
- <http://www.Epfl.Ch/Isr/Asl/People/Caprari.html> M. Dölen ve H. Kaplan, "MikroElektroMekanik Sistemler (MEMS): Genel bir Tanıtım", Makine Tasarım ve İmalat Dergisi- cilt 4, say 1 3, Mayıs 2002, sayfa-173-185.

PIEZO-ELEKTRİK ULTRASONİK MOTORLAR

Son yıllarda üzerinde büyük çalışmalar yapılan mini-mikro robotlar, çok küçük boyutlara sığdırılmış, gelişmiş ve fonksiyonel yapılarıyla zor görevleri kolaylıkla gerçekleştirebilen, uygulamada geniş kullanım alanları bulan sistemler haline gelmiş durumdadır. Bu mini-mikro robotların yetenek ve boyutlarını belirleyen en önemli parçalardan biri de hareket mekanizmalarını sağlayan motorlar. Günümüzde yaygın olarak kullanılan elektro-manyetik motorlar, elektromanyetik gürtüleri, düşük verimleri, genellikle 10 mm'den daha büyük olmaları ya da küçük boyutlu olanların yüksek devirde dönme gereğinden dolayı dış mekanizmalarına gereksinim duymaları nedeniyle, yüksek teknolojinin gerektirdiği küçük boyutlu cihazlarda kullanılmaya uygun değildir.

Bir piezo-elektrik seramik parça üzerine uygulanan alternatif gerilim sonucunda elde edilen titreşimi, hareketli parçaya sürtünme kuvvetiyle aktararak çalışan motorlara "Piezoelektrik Ultrasonik Motorlar" denir. Buradaki ultrasonik sözcüğü, bu motorların 20 kHz üzerindeki frekanslarda (ultrasonik frekans bölgesinde) çalışmasından dolayı kullanılıyor.

Piezoelektrik etki, basit olarak, üzerine mekanik bir basınç uygulanan bazı kristal ve seramik malzemelerde bir elektriksel yük ya da gerilim oluşması olarak tanımlanabilir. Karşılıklı yüzeyleri arasına bir gerilim uygulandığında aynı tip kristallerde ya da seramiklerde ters piezoelektrik etkiden dolayı şekil değişikliği meydana gelir. Piezoelektrik malzeme alternatif bir gerilime maruz bırakılırsa, malzemenin şekline bağlı olarak farklı biçimlerde titreşim meydana gelir.

Genelde, piezoelektrik ultrasonik motorlar, stator ve rotor diye adlandırılan temel iki parçadan oluşur. Bu motorların statorları; piezoelektrik ve elastik malzemenin değişik şekillerde kullanıldığı kompozit bir yapıdadır. Kompozit statorun dik iki mekanik rezonans frekansı, bir ya da birden çok alternatif (değişken) sinyalle elektriksel olarak uyarılması, stator yüzeyinde her noktanın mikroskopik düzeyde eliptik bir hareket yapmasını sağlar. Stator yüzeyinde oluşan bu hareket, stator yüzeyine temas eden rotorun sürtünme yardımıyla dönmesine ya da doğrusal hareketine neden olur.



geliştirilen motorun resmi. Stator çapı 1,6 mm ve uzunluğu 4,0 mm.



Seiko firması tarafından saat uygulamaları için geliştirilen mini motorlar

Piezo-elektrik ultrasonik motorlarla ilgili ayrıntılı incelemeler, 1980'li yıllarda yarı-iletken teknolojisinde hassas konumlandırıcılara duyulan gereksinim nedeniyle başlamışsa da; titreşim ve sürtünme kuvvetiyle çalışan motor düşüncesi ilk kez 1942 yılında Williams ve Brown tarafından ortaya atılmış.

Kare kesitli bir elastik çubuğun dört kenarına piezoelektrik levhalar yapıştırılır. Karşılıklı olarak piezoelektrik levhalar, aralarında faz farkı bulunan iki farklı yüksek frekanslı sinyalle uyarıldıkları zaman, kare kesitli çubuğun kafa sallama (wobbling) hareket yapması sağlanır. Bu motorun çalışma frekansı, iki işaretin faz farkı 90 dereceye eşitlendiği zaman günümüzde kullanılan yürüyen dalga tipi motorların çalışma prensibiyle aynı.

Bu motorların çalışma mekanizmasının 50 yılı aşkın bir süredir bilinmesine karşın, yüksek performanslı piezoelektrik malzemelerin olmayışı, bu motorların gelişimini (60'lı ve 70'li yıllarda Sovyetler'deki bazı çalışmaların dışında) 80'li yıllara erteledi. 80'li yıllardaki yarı-iletken teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak hassas konumlandırıcılara duyulan gereksinim ve yüksek performanslı piezoelektrik malzeme teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak, özellikle 1982 yılında Sashida tarafından geliştirilen, yürüyen dalga tipi motordan sonra birçok yeni piezoelektrik motor geliştirildi. Özellikle Japonya'da Canon, Shinsei, Seiko ve Matsushita gibi şirketler bu motorların kullanıldığı ürünler geliştirdiler.

1982 yılında Sashida tarafından geliştirilen motorda kullanılan disk ya da halka şeklindeki



En uzun boyutu 10 mm'den daha küçük olan bir mikro robot mekanizması.

piezoelektrik malzemenin yüzeyi, dilimli şekilde metal elektrotla kaplanır. Dilimlenmiş elektrotları bulunan piezoelektrik halka (ya da disk), aralarında 90 derece faz farkı olan iki alternatif sinyalle uyarılır. Bu uyarım sonucunda, yürüyen dalga oluşur. Yürüyen dalga tipindeki bu motorların değişik sürümleri Canon fotoğraf makinesinde otomatik odaklama mekanizmasında kullanıldı. Allied Signal firması, yine aynı mekanizmayla çalışan motorları füze ateşleme mekanizmasında (sürtünmeden dolayı uyarılmadığı zaman bulunduğu konumu korumasından dolayı) mekanik anahtar olarak kullanıldı. Aynı yöntemle çalışan motor, Seiko firması tarafından 10 mm çapında üretildi ve kol saatlerinde sessiz alarm olarak kullanıldı.

Yüksek tutma momenti, sessiz çalışması, elektromanyetik parazitlerden etkilenmemesi ve sürtünmeden dolayı uyarılmadığı zaman bulunduğu konumu koruması gibi özellikler, bu motorların Avrupa ve Amerikan şirketleri tarafından fark edilmelerini ve endüstriyel, robotik ve uzay teknolojisinde kullanılmaya başlamalarını sağladı.

Sol alta resmi görülen motorda, 1,6 mm çapında ve 4 mm uzunluğunda stator kullanılmış. 100 Volt, 240 kHz'de çalışan bu motor 0.2 mNm'lik bir (torque) döndürme kuvveti üretebilmekte. Aynı motor, en uzun boyutunun 10 mm'den daha küçük olduğu bir mikro robot hareket mekanizmasında kullanılmış (sağ alta).

Piezoelektrik ultrasonik motorlar; uzay araçlarının iç kısımlarında yerden tasarruf sağlayan makine ve robot donanımında, ulaşılamayan ve görülemeyen yerlerden veri ve bilgi temininde, boru ve tüp sistemlerinin iç kısmının hasar tespiti ve onarımında, nükleer enerji santralleri, mayın tespit ve imhası görevleri gibi tehlikeli yerlerde kullanılan mini/mikro-robotların hareket mekanizmalarında; taşınabilir iletişim cihazlarında, kuartz saatlerde ve diğer robotik uygulamalarda kullanılmaya uygun olup bu motorların teknoloji-deki yeni gelişmelerle birlikte kullanım alanları da genişlemekte. Bunların dışında, özellikle büyük bir avantaj olan mikro düzeydeki boyutları nedeniyle asıl uygulama alanının tıp olacağı sanılmakta. Mikro-cerrahide, endoskopi ve laparoskop gibi tıbbi işlemlerde, kalp ve damar hastalıklarının tedavisinde, zararlı yapıların teşhisinde ve vücuttan çıkarılmasında kullanılabileceği düşünüyor.

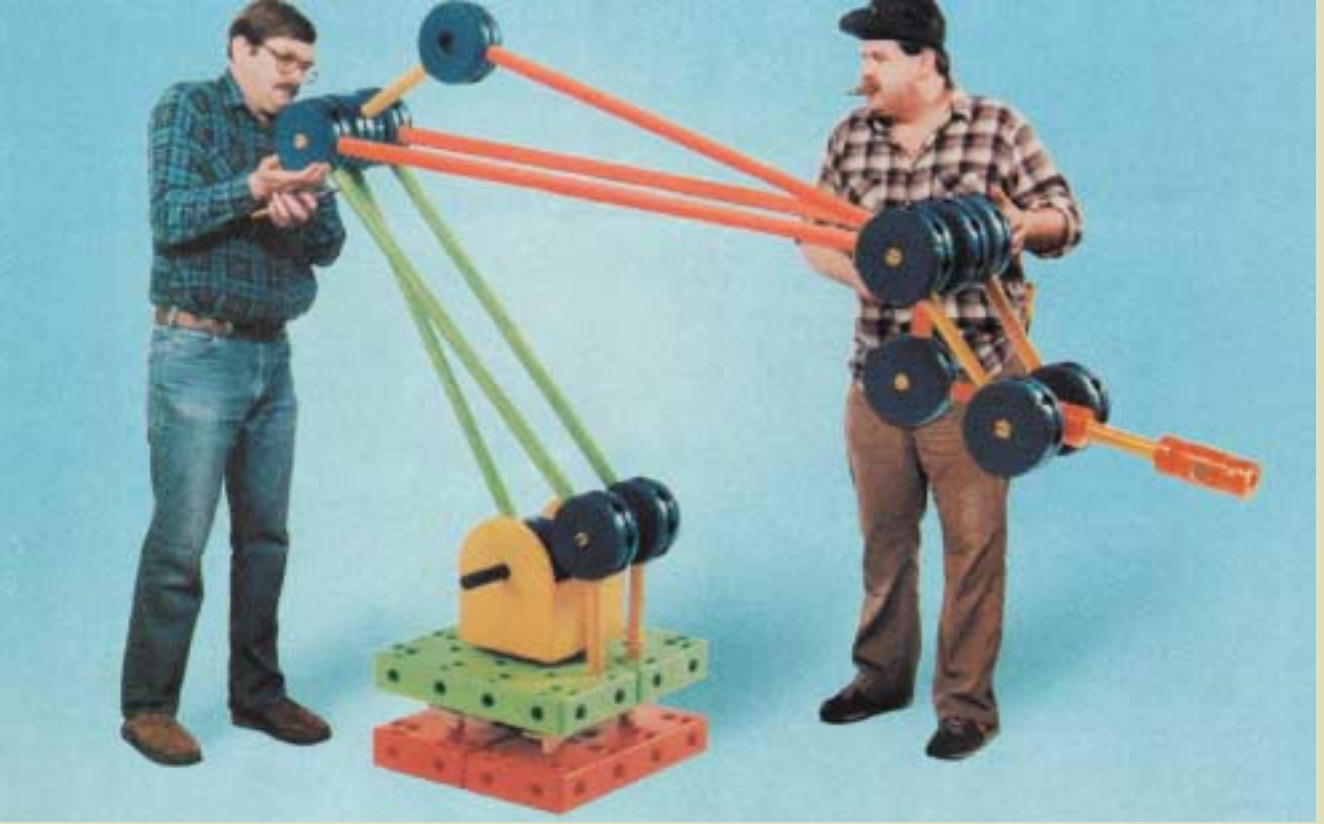
Burhanettin Koç

Mekatronik Mühendisliği Bölümü,
Atılım Üniversitesi, Ankara

Kaynaklar

- W. Williams and W.J. Brown, "Piezoelectric Motor", US Patent, 2439499, 1942.
- T. Sashida and T. Kenjo, An introduction to ultrasonic motors, Oxford science publication, Clarendon press, 1993.
- S. Ueha and Y. Tomikawa, Ultrasonic motors, Theory and Applications, Oxford science publication, Clarendon press, (1993).
- K. Uchino, Piezoelectric Actuators and Ultrasonic Motors, Kluwer Academic Publishers, 1997.
- Koc, B., Cagatay, S., Uchino, K., "A piezoelectric motor using two orthogonal bending modes of a hollow cylinder", IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Cont. 49, 495-500, 2002.

ROBOTLAR: SOSYAL ET



Robotların ve uygulama alanlarının gelişimi incelendiğinde, insanlar için ve insanlarla beraber giderek daha sık çalışmalarının kaçınılmaz olduğu görülür. Robotlar, sağlık hizmetlerinde, rehabilitasyon çalışmalarında ve terapilerde yön gösterecek, ofislerde asistanlık yapacak ya da ev işleriyle ilgilecek, bazen de bizi eğlendirecekler. Tüm bu uygulamalarda, robotların insanlarla etkileşimleri değişik düzeylerde olacak, insanların karmaşık davranışlarını anlamaya çalışmak zorunda kalacaklar. Tasarımcılar, sosyal etkileşimler kurabilen robotlar geliştirmeye zorunlu olacaklar.

Robotiğin gelişim sürecinde, araştırmacılar uzun bir süre bir diğer makineyle etkileşme olanağı olan robotların büyüünde kaldılar. Robotların bazı işlerde

insanların yerine kullanılması ana tema oldu. Robotlar uzun bir dönem, kurulum ve bakım dönemleri haricinde insanlardan uzakta, üretim bantlarında çalışmaktaydılar (araba, elektronik eşya üretimi vs.). İnsan Makine Arabirimi (İMA) yalnızca, insanların, robotun hareketini (genellikle uç noktanın izleyeceği yörünge) belirleyen komutlar girebileceği eğitim terminalleri gibi programlama araçlarından ibaretti. Robotlar, insanlarla etkileşimlerinin farkında değildi ve çoğu kez kazara insanlara zarar vermemeleri için çitlerle çevrili alanlarda çalışırlardı.

Mobil robotların gelişmesi insan-robot etkileşimine yeni bir boyut getirdi. Artık robotların insanlarla yaşaması sıradan hale gelmeye başladı. En azından insanlarla aynı mekanı paylaşmaları gerektiğinde, işlerini yaparken onlara zarar vermemeliler. Yapılandırılmamış ortamlarda çalışabilen otonom mobil ma-

kinelerin geliştirilmesi, çözülmesi gereken yeni mühendislik problemlerinin yanı sıra iki ana alandaki araştırmaları tetikledi: "kolektif davranışlı robotik" ve "sosyal etkileşimli robotik".

1990'ların başında, karınca benzeri robotlardan oluşan "robot toplumlar" konusundaki araştırma ve bulgular, imeceyle performansın yükseltilmesi konusunda birçok araştırmaya yol açtı. Çoklu robotlar ya da dağınık robotik sistemlerde; haberleşme, engelleme ve saldırgan mücadele gibi etkileşim mekanizmaları kullanıldı. Bu yaklaşımların temelinde, kendi kendine organize olma ve bireylerin önem taşımadığı homojen böcek toplumlarından esinlenme var. Kolektif davranış biçimleri, robotik (ve yapay zeka) araştırmacıları tarafından çekici bulunan modeller; çünkü görece basit bireylerden oluşan grupların zor işleri başarmasını mümkün kılarlar. Bu tip sistemler, kendini onarabilen makineler ve futbol oynayan robot takımları gibi kavramların da temelini oluşturduğu için araştırmacılar tarafından ilgi görmüştür.



KİLEŞİMLİ MAKİNELER

Yukarıda anlatılanların tersine, insan toplumunda bireysellik, yani toplumdaki her bireyin farklı olması kavramı oldukça önemli bir özellik. Bu bakış açısına göre insanlarla etkileşebilecek robotların geliştirilebilmesi, öğrenme ve taklit etmeyi, doğal diller ve mimiklerle iletişimi, duyguları ve etkileştiği partnerleri tanımaya dayalı tekniklerin kullanımını gerektirir. Tüm bu kavramlar oldukça karmaşık. Günümüzdeyse insan-robot iletişimini hedef alan birçok robot, geleneksel hizmetkar ya da evcil hayvan rollerini üstlenmek üzere tasarlanmış. Bunlar, sosyal etkileşimli robotların geliştirilmesine doğru ilk adımı temsil ederler:

"Sosyal robotlar, insan ve robotların oluşturduğu heterojen toplumun bir parçası olan somut bireylerdir. Birbirlerini tanıyabilir ve sosyal etkileşimlerde bulunabilirler, geçmişleri vardır (dünyayı kendi deneyimlerine dayanarak algılama ve yorumlama), birbirleriyle doğrudan iletişim kurabilir ve birbirlerinden öğrenebilirler."

Bahsi geçen robot sınıflarının geliştirilmesi, değişik model ve tekniklerin kullanılmasını gerektirir. Mekatronik sistemler olarak her üç grup da aynı mühendislik zeminini paylaşmalarına karşın, davranış model ve teknikleri bu robotları oldukça farklılaştırır. Endüstriyel robotlarla diğer iki grup arasında ortak noktalar neredeyse yok gibidir; ancak "kolektif davranışlı robotlar" ve "sosyal etkileşimli robotlar" arasında bireyselliğin daha az rol aldığı ortak alanlar vardır.

Tasarımda Göz Önüne Alınması Gerekenler

Tüm robotların tasarımı ortak bir takım sorunların çözümünü gerektirir:

- Kavrama (planlama, karar alma),
- Algılama (seyrüsefer, çevreyi hissetme),
- Hareketler (hareket kabiliyeti, nesnelere kullanma),

- İnsan-robot etkileşimi (kullanıcı arabirimi, giriş cihazları, geri besleme cihazları vs...),

- Mimari (mekanik yapı, elektro mekanik sistemler, kontrol).

Sosyal anlamda aktif robotlar, ayrıca aşağıda bazıları belirtilen sosyal etkileşim kurallarına uymalıdır:

- İnsanların algılanması (robotun, insanların hareketini doğru olarak algılama ve yorumlaması),

- Doğal bir insan-robot etkileşimi (robotun inandırıcı davranışlar sergilemesi),

- Anlaşılabilir sosyal ipuçları (robotun durumunun doğru anlaşılabilmesini sağlayan ipuçları verebilmesi),

- Gerçek zamanda işleyiş (robotun insanlarla etkileşebileceği bir hızda çalışması).

Tasarım aşamasında bu tür sorunlara pek çok çözümler bulunabilir. Tasarımcılar bunları değişik yöntemlerle



AIBO (Sony)

çözmeye çalışmaktalar.

Örneğin robot mimarileri iki tekerlekli basit robotlardan, çok bacaklı karmaşık yapılara; özel amaçlı yılan benzeri robotlara ve hatta yakın geçmişte ortaya çıkan, iki bacaklı insan benzeri robotlara kadar uzanır.

Mimari yalnızca mekanik hareket açısından değil, aynı zamanda belirli fonksiyonları yerine getirebilmek için gerekli altyapıyı oluşturmada da önemli bir rol oynar. Bu nokta hem kolektif robotlarda hem de toplumdan esinlenilmiş robotlarda çok önemlidir. Hareket kabiliyeti ve esneklik, taklit etme ve benzeri fonksiyonların kurulmasına zemin hazırlar.

Sosyal etkileşimli robotların yapısı iki ana türe ayrılır: biyolojiden esinle-

nilen (araştırmacılar, yaşayan canlıların zekasını simüle eden ya da taklit eden robotlar yaratmaya çalışırlar), ve işlevsel olarak tasarlanmış (araştırmacılar, iç yapısı biyolojik zemine sahip olmasa bile dışarıdan sosyal olarak zeki görünen robotlar yaratmaya çalışırlar). Günümüzde robotların algılama, kavrama ve davranış yetenekleri insana göre oldukça kısıtlı. Bu nedenle, yakın gelecekte insanlar ve robotlar arasındaki ciddi sosyal dengesizlikler sürecektir. Ancak bu, uzman sistemlerde olduğu gibi bazı kısıtlı alanlarda robotların yüksek başarı elde edebileceği anlamına gelmez.

Mimariler (gerçekleme biçimi ve kontrol)

Endüstriyel robotların başarısını belirten görece basit ölçütler var; hareketin hassasiyeti, tekrar edilebilirlik gibi. Bunlar, bir bakıma robot ve robo-

tun çalıştığı ortam arasındaki ilişkiyi ifade eder. Robotun görevi, örneğin bazı nesnelere işlenmesi, kaynak yapmak, nesnelere izlemek, piyano çalmak olabilir. Bunlara uygulanan ölçütler karşılaştırma amacıyla kolaylıkla kullanılabilir.

İnsanlarla etkileşimde olan robotlar içinse, başarının ölçütleri kolaylıkla belirlenemez. Ölçütler genellikle yoruma bağlı olduğu için sınıflandırmak zordur. Bu tip robotlar için, aşağıdaki paragrafta tanımlanan gerçekleme biçimi, bir çeşit ölçüt oluşturabilir ya da en azından karşılaştırma için bir çıkış noktası oluşturur.

Gerçekleme biçimi, "sistemle çevre arasındaki alışveriş için gerekli koşulları oluşturarak karşılıklı fiziksel etkileşimler için zemin hazırlayan yapı" şeklinde tanımlanır.

Gerçekleme biçimi bu tanımla çevreyle robot arasında yalnızca fiziksel olan bir ilişkiyle kalmayıp robotun tüm algılayıcılarıyla hissedebileceği ve eyleyicileriyle çevre üzerinde yapabileceği değişikliklerin tümünün bir ölçü-



Kendini onarabilen robotlardan oluşmuş bir topluluk.

tü olarak ortaya konur. Bu tanıma göre insanlarla etkileşen robotlar yalnızca mekanik hareketlerle sınırlı değildir ve hatta fiziksel bir vücuda sahip olmaları bile gerekmez.

Gerçekleme biçimi ölçütü, bir başkasının dikkatini çekip bir çeşit yakınlık duygusu uyandırabilen robot hayvanlar için oldukça önemlidir. Örnek olarak robot köpek AIBO (Sony) ve BoeBot'u (Parallax) inceleyelim. AIBO yaklaşık 20 eyleyiciye ve birçok algılayıcıya (dokunma, duyma, görme vs...) sahip. AIBO'nun aksine BoeBot yalnızca iki motora ve belki birkaç kızılötesi uzaklık algılayıcısına sahip. Bu AIBO'nun çevreyle alışverişte bulunmak için daha fazla olanağı olduğunu ve bu nedenle gerçekleme biçiminin BoeBot'a göre daha üstün olduğunu gösterir (örneğin herhangi bir hareketi, insanın görme duygusuyla bir etkileşim kuracaktır).

Robotun fiziksel yapısı ve şekli de önemlidir; çünkü ikisi de insanların robotla etkileşimini şekillendirecek ve beklentileri etkileyecek unsurlardır. Robot, kendisinden yetenekleriyle ilgili yanlış beklentileri en aza indirmek açısından bir miktar "robotluk" göstermelidir.

Bir robotun kontrolünün karmaşıklığı, hem fiziksel yapısı hem de gerçekleme biçimiyle yakından ilişkilidir. Fiziksel yapı genellikle eyleyici sistemle-

rin ve ilgili kontrollerin karmaşıklığını belirler. AIBO'nun kontrolü yalnızca iki motorunun kontrol edilmesi gereken BoeBot'a göre çok daha karmaşıktır. Genellikle, robotların hareket kontrolü çok karmaşık bir sorun olup büyük miktarda mühendislik çabası gerektirir. Konumlanma, seyrüsefer, engellerden sakıma gibi fonksiyonlar kontrol sisteminin birer parçasıdır.

Robotun belirli bir davranış biçimi sergileyebilmesi için gereken özelliklerin tamamı, robotun kontrol mimarisinden türetiliyor. Bu mimari robotun üzerindeki yazılımın herhangi bir bölümü olarak değil de, yazılımın tümünün yapısı olarak düşünülmeli. Kontrol mimarisi, alt seviyede algılayıcıların okunması ve haberleşme gibi, üst seviyede performans optimizasyonu ve seyrüsefer görevleri gibi birden fazla program sürecinin paralel olarak



Yaşlılar için robot yardımcı.

işlemesine izin vermeli. Kontrol mimarisi, yapısının doğası gereği eldeki işe özel tasarlanmak zorunda değil; ancak mimaride kullanılacak girişler (algılayıcı) ve çıkışlar (eyleyici) uygulamayla kurulacak bağlantıyı belirler.

Çevreyle etkileşimlerin algılanması, robotun algılayıcı yapısına ve gelen etkileşim bilgilerinin doğru yorumlanmasına (ölçülmesine) kuvvetle bağlı. Algılayıcı bilgilerinin yorumlanması ve anlamlı durumlara çevrilmesi içinse ileri düzeyde işaret işleme yeteneği ve algılayıcı bilgilerini tümleştiren tekniklere gereksinim var.

İnsan-Robot Etkileşimi

Gerçekleme biçiminin algılayıcılarıdaki etkileşimin ölçümü olarak tanımlanması, insan-robot etkileşimini hem gerçekleme biçiminin hem de kontrol mekanizmasının bir parçası olarak düşünebilmemiz için gerekli zemini hazırlar. Böylece insan-robot ara yüzleri çok daha geniş bir kapsamda ele alınabilir; örneğin çevredeki (insan) tüm değişiklikleri algılama, yorumlama ve robotun davranışlarını buna göre ayarlama gibi.

Duygular, insanların davranışlarında önemli rol oynar. Duyguların yapay olarak yaratılıp robotların insanlarla etkileşmesinde kullanılması, araştırmacıların ilgisini çekmekte. Bir örnek, MIT'te geliştirilen Kismet adlı robotun davranış ve motivasyon sistemlerinin üzerinde duyguların etkilerinin araştırılması.

Konuşma, duyguların iletilmesi için oldukça etkin bir iletişim yöntemi; fakat konuşma içerisinde duyguların iletilmesini sağlayan parametreler tüm dünyada ortak bile olsa, bunlar robotların kullanımı için hâlâ oldukça karmaşık. Aynı şey, vücut dili ve yüz ifadeleri olmadan oldukça zayıf kalan sentezlenmiş yapay ses için de geçerli.

Yüz ifadeleri, insanlar arasında oldukça önemli bir etkileşim aracı olmasına karşın insan-robot etkileşiminde yetersiz. Bunun en temel nedeni, bu ifadelerdeki ipuçlarının algılanmasının oldukça karmaşık, günümüz robotlarımızın henüz yüz ifadelerini şekil olarak yansıtmakta yetersiz olması. Yüz ifadelerini insan-robot etkileşmesine sokmanın birçok yolu var. Üç boyutlu bilgisayar grafikleri kullanmak, bunların arasında ilginç bir yöntem.

İnsanların algılanması, insan-robot etkileşimini tasarlarken göz önüne alınacak en önemli noktalardan biri. İnsanlarla anlamlı bir ilişkiye girebilmek için robotlar, dünyayı insanların algıladığı gibi algılayabilmelidirler. Bu, robotların insanlara benzer algılama yeteneklerine sahip olmaları gerektiği anlamına gelir. İnsanların davranışlarını takip etmek, konuşanın kim olduğunu, ne söylediği ve bunu nasıl söylediğini anlamak, insan-robot ara yüzünün bir parçası olmalıdır.

Kullanıcı modelleme, insanların yaptığı gibi etkileşmek için gereklidir. Değişik amaçlar için geliştirilmiş birçok kullanıcı modeli vardır. Kullanıcı modeli olan robotlar, insanların davranışlarını ve diyaloglarını anlayabilir, değişik yetenek, tecrübe ve bilgi seviyelerindeki kullanıcılara uygun robot davranışlarını gerçekleştirebilir. Birçok araştırmacı, klişeleşmiş örnekler (stereotype) ile kullanıcı modelleri yaratma üzerine deneyler yürütmekte.

Uygulamalar

Hizmet Robotları

Robotlar insanlara hizmet edebildikleri zaman işlevsel değerleri ortaya çıkar. Belirli bir iş için tasarlanmış endüstriyel robotlar, otomatik üretim sistemlerinin performansını oldukça artırmış durumda. Aynı beklenti ev temizliği, yaşlıların bakımı, eğlence gibi işlere odaklı olarak tasarlanıp test edilmiş otonom robotlar için de geçerli.

Otonom Makineler Olarak Mobil Robotlar

Birçok uygulamada otonom robotlar sosyal etkileşimde bulunmak zorunda değiller. Genellikle robotların otonomluğu, bir çeşit hareket serbestisine sahip oldukları ve bir insanın denetimini gerektirmeden hareket edebilmeleri anlamına gelir. Uygulamaların çok geniş yelpazeye yayılmış olması nedeniyle mobil robotların net ve açık bir sınıflandırmasını yapmak oldukça zor. Örneğin, tekerlekli robotlar boyutlarına göre sınıflandırılırken yürüyen robotlar bacak sayılarına göre sınıflandırılıyor.

Yapılacak işin kolaylıkla modellenemediği ve belirsizliklerin yalnızca engellerden sakınmayla kısıtlı olduğu birçok alandaki mobil robot uygulama-

maları, sofistike insan-robot ara yüzleri gerektirmiyor. Aşağıda, ilginç uygulama alanlarından birkaçı kısaca özetlenmiş.

Temizlik sanayii: Havaalanları, süpermarket, cadde ve sokaklar, fabrika ve benzeri yerlerde yıkama, süpürme, kurulama, ovalama, cilalama, parlatma, vakumlama, kazıma, çöp toplama gibi karmaşık bileşenlerden oluşan oldukça yoğun bir iştir. Üstelik tuvalet temizliği, pencere ve döşeme temizliği gibi daha tatsız işleri de içerebilir.

Çimenlerin bakımı (şu anda piyasada satılan sistemler bulunmakta): golf sahası ve otobanların orta ve kenarlarındaki çimlerin biçilmesi.

Tehlikeli işler ve enerji kaynakları: bomba ve mayın haritalama, çıkarma ya da imha etme, nükleer santral denetimi, buhar jeneratörü, tehlikeli atık



Bir engelliye yardım eden mobil robot.

saklama tankı, boru hattı ve yüksek gerilim hatlarının denetimi vs.

Kurtarma robotları, deprem, sel, büyük yıkımlar gibi afetlerden sonra arama kurtarma görevlerini üstlenebilecek, mobil otonom ya da uzaktan güdümlü robotları içeren yeni bir sınıftır.

Tıbbi servisler: yemek, su, gazete, ilaç vs. getirmek, laboratuvar örnekleri, tıbbi kayıtlar, özel yemekler, yönetici raporları, tehlikeli malzemeler, biyolojik artıklar, eczane otomasyonu.

Tarım: (1870'te, ABD toplam işgücünün %47'si gıda üretmek için kullanılıyordu, şimdi %3'den daha azı yi-

yecek üretiminde çalışıyor.) Uygulamalar ekim, zararlıları temizleme, ilaçlama, budama, biçme, hasatla meyve ve sebzelerin toplanmasını içeriyor.

Tüm bu uygulamalarda, işe özel tasarlanmış robotlar, otonom makineler olarak çalışırlar ve insanlarla etkileşimleri, çoğu endüstriyel robotla aynı düzeye indirilmiştir.

Robot Toplulukları (Çok-Robotlu Sistemler)

Bir araştırma alanı olarak "robot toplulukları" ya da "imece yapan çok robotlu sistemler", önceden yapılagelen mobil robotlar üzerindeki araştırmalara, simülatör çalışmalarına ve yapay zeka araştırmalarından esinlenen bireylere dayanır. Belki zamanı gelmediği için, belki de teknolojik seviyenin yetersizliğinden, henüz imece yapan çoklu robotların görevleri için tam ve güvenilir bir kontrol mimarisi tasarlamaya yarayan bir kuram yok. Bu nedenle, bu alandaki araştırmalar genellikle deneysel.

İmece yapan çok robotlu sistemler, geniş bir teknolojik ve bilimsel yelpazeyi kaplar. Otonom çalışma, kendi kendine organize olma, dağıntık algılama ve robotların dağıntık kontrolü birkaç ana alan olarak sayılabilir. Görüldüğü gibi, ileri seviyeden çoklu robot sistemler gerçek birer çok disiplinli araştırma alanıdır.

Robot toplulukları, bir arada çalışarak aynı amaca ulaşmayı hedefleyen otonom mobil robotları tanımlayan genel bir teknik kavram. Önceleri aşağıdaki gibi tanımlanmışlar:

"Robot topluluğu, üye olarak adlandırılan bireylerin bir araya gelmesiyle oluşmuş, bilgi ve kontrol yapılarıdır. Tüm üyeler benzer olmak zorunda değildirler; ancak aynı özelliğe sahip üyeler küme ya da sınıflar oluşturabilirler. Kontrol yapısı, bilginin üyeler arasında nasıl yayılacağını ve her üyenin diğer üyelerle nasıl haberleşeceğini tanımlar. Ayrıca, kontrol yapısı toplumun üyelerini nasıl etkileyeceğini de tanımlar. Tüm işgücü üyelerden geldiği için, kontrol yapısı toplumun işlerinin yönetimini üstlenmiştir."

Bazı durumlarda, bu tanımlama, belirli bir işe odaklanmış endüstri benzeri robot uygulamaları için daraltılabilir:

"Robot topluluk kavramının pratik



NeCoRo (Omron)

te en temel görevi, bireysel bir robotmuş gibi, kullanıcıdan ya da toplum yöneticisinden gelen isteğe göre iş yapabilecek bir çeşit 'dağınık robot' yaratmaktır. Bu demektir ki, toplumun davranışı dışarıdan kontrol edilebilir olmalı ve toplumun, kontrol edenle bilgi bağı olmalıdır. Temelde, bir toplulukta iletişim üyeden üyeye yapılıdır."

Her iki tanımda da ortak amaç, kolektif çalışmayla iş performansını artırmak. Bu alandaki araştırmalar kendi kendine organize olma yöntemini ve böceklerin davranışlarından esinlenmiş yöntemler kullanır. Böcekler, görece basit varlıkların nasıl karmaşık işler yapabileceğine örnek homojen gruplardır. Mikro ve nano teknolojilerin gelişmesiyle kendi kendini tamir edebilen robotlar ve hatta kendi kendine çoğalabilen robotlar yaratmak mümkün olmuş ve bu özellik daha da kedicilik kazanmış durumda.

İyi bir robot topluluk davranış örneği olarak, grup içindeki bozuk üyeyi bularak onun yerine başkasının geçmesi verilebilir. Futbol oynamak da benzer beceriler gerektiren bir iş olarak görülebilir.

Daha önce tartışılan mobil robotlar genellikle belirli bir işe yönelik ve sosyal etkileşime yeteneği az robotlardı. Modern toplumdaki değişikliklerle yine belirli bir işe yönelik, fakat aktif sosyal etkileşime daha yetenekli robotlara gereksinim var.

Yardımcı Olarak Robotlar

Belli bir işe yönelik robotların, bir miktar sosyal etkileşimde bulunabilmesi yarar sağlar. Robotun bir ya da daha fazla insanla etkileşmesi gereken durumlarda, sözlü ya da hareketle ile-

tişim gibi sosyal davranışlar, robotu kabul edilebilir kılar. Böylece insanlar robotlarla aynı ortamı paylaşırken daha rahat edeceklerdir.

Yaşlı ya da hasta insanlara yardım eden hizmetçi robotlar, onların bir süre daha kendilerine bakabilmelerini sağlar ve teşekkürlü bakım evlerine gitme zorunluluklarını aylarca belki de yıllarca erteleyebilir. Bu, Japonya'nın bu konuda ciddi yatırımlar yapmasının nedeni olabilir.

Engellilere yardım edebilecek niteliklerle donatılmış robotlara da gereksinim var. Ancak bu konu birçok araştırmacıya pek çekici gelmemekte ve kısıtlı miktarda sosyal etkileşimde bulunan sistemlerle sınırlı kalmakta. Bu, çeşitli kazalar sonucunda sakat kalan insanlar için oldukça talihsiz bir durum.

Sözü edilen sınıfa, rehberlik yapan robotlar da eklenebilir. En son örnek İsviçre'deki Expo'2002 sergisindeki robotlar. Bu robotların görevi, serginin bazı kısımlarını gezdirmek ve robot teknolojisinin geldiği son noktayı göstermekti. Sergi robotlarının fiziksel tasarımları, robotların sosyal karakterini ekrana çizdiği karikatür yüzler aracılığıyla yansıtmakta.

Eğlence ve Oyuncaklar

Eğlence ve oyuncak sektöründe ticari olarak bulunan robot-

ların tasarımında birçok sınırlayıcı var. Bir eğlence robotu en fazla eğlenceyi en az masrafla sağlamalı. Bu, algılayıcıların ve eyleyicilerin birden fazla amaç için kullanılması ve en az sayıda indirgenmesi anlamına gelir. Bu nedenle oyuncak robotlar, teknolojik olarak endüstriyel robotlardan daha alt düzeydeler ve görünüme göre, yakın gelecekte teknolojik olarak daha derinleşmeyecekler.

Oyuncak sektörü, oyun şekillerini temel alan tasarım prensiplerini robot-insan etkileşimi için en ustaca kullanan sektör. Seçilen bir oyuncak için tasarımcı, kullanıcının etkileşebileceği sonlu sayıdaki durumu belirler ve sonra yalnızca istenilen davranışlara izin verecek bir etkileşim listesi ya da oyun şekli oluşturur.

Sosyal Arkadaşlar

Kullanıcılarına arkadaş görevi gören robotlar, oyuncak robotların yüksek teknolojiye en çok ihtiyaç gösterenleri. Bu tip sosyal arkadaşlar hem insanlarla doğrudan temas halindeyken hem de insanlarla uzaktan izlenirken olduğu gibi pasif etkileşim durumlarında iyi işlev görmek üzere için yeterli düzeyde otonomiye sahip olmalıdır.

Hareketlilik, kendine yeterliliği ortaya koymanın çok güçlü bir göstergesi olduğundan arkadaş robotlar için oldukça önemlidir; gerçekte bu yeterlilik oldukça sınırlı olsa da. Sony AIBO piyasadaki ilk ve teknolojik olarak en gelişmiş quadriped (dört bacaklı)

arkadaş robot. İnsanla evcil bir köpek arasındaki ilişkiler modellenmiş ve AIBO, yalnızca doğrudan etkileşim için değil, aynı zamanda bir eğlence kaynağı olarak da tasarlanmıştır. Orijinal AIBO, 20 serbestlik derecesi (SD), kendi gücünü kullanarak ayakta durabilme ve oturabilme yeteneğiyle oldukça karmaşık. Sony, özellikle motor ve motor kontrolörlerini geliştirirken önemli yatırımlar yapmış ve tüm vücut ha-



ASIMO (Honda)

reketlerinde istenilen yumuşaklık ve bütünlüğü elde etmiş.

AIBO, CMOS tabanlı kamerasıyla renkleri ayırt edebilir ve parlak nesnelere kovalayabilir. Bu özellik ivme ölçer, basınç algılayıcılar ve kızıl ötesi algılayıcılarla birleştiğinde bu robota engellerden sakınma, havaya kaldırıldığını anlama ve hatta kendini yere düşmekten kurtarabilme yetisini verir. AIBO'nun, 75 sesli komutu algılama ve sabit fotoğraf çekme özelliği de var.

Birçok üretici hızla, AIBO'nun yeteneklerini kısmen kopyalamış ve düşük fiyatla piyasaya sunmuş bulunuyor; örneğin I-Cube (Tiger Electronics).

2002'de Omron, kullanıcılarının sevgisini kazanabilecek ve böylece pozitif bir arkadaş olacak NeCoRo'yu geliştirdi.

İnsansı Robotlar (Hümanoidler)

İnsana benzeyen robotlar tasarlayabilmek için çok yoğun bir mühendislik çabası gerekir. Bunu başarabilen robotların üstesinden gelmeleri gereken en zor sorun eyleyicilerle ilgili. Sony ve Honda, insansı robotlar konusunda öncü olarak, ağırlık/güç oranları endüstride şimdiye dek duyulmuş kadar iyi motorlar geliştirmişler.

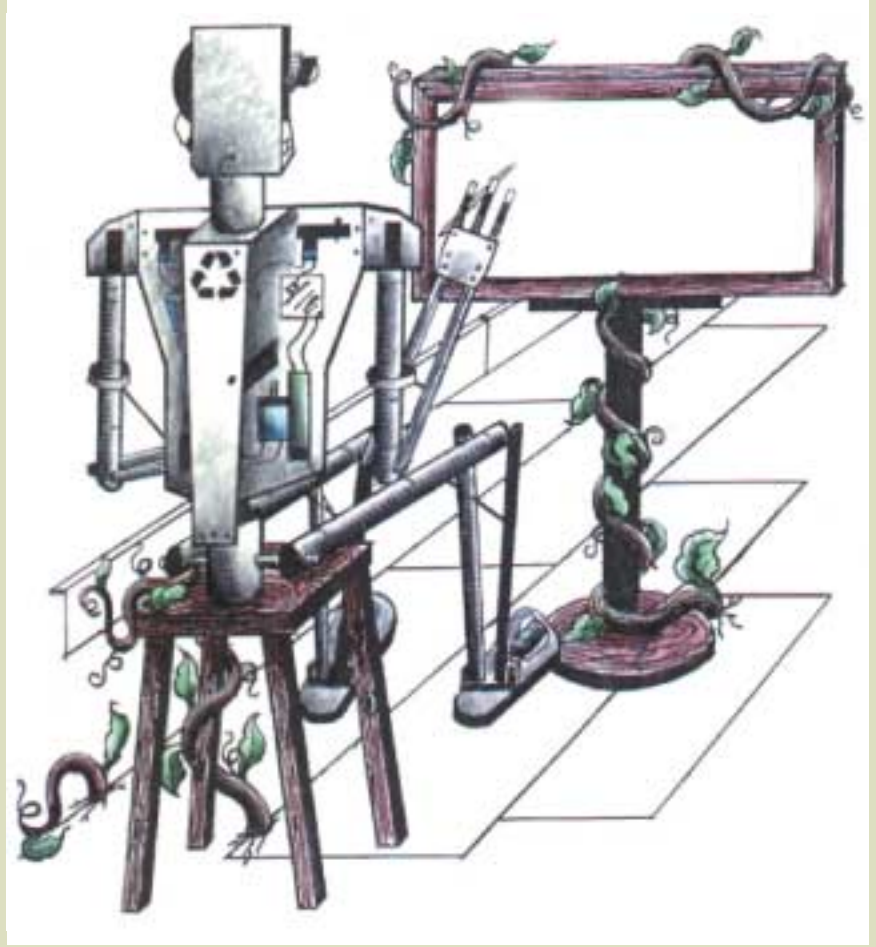
Sony Dream Robot SDR-4X dans edip şarkı söyleyerek eğlendirmeyi amaçlayan bir robot. 38SD'li robotun gelen bir sesin kaynağını bulmak için 7 mikrofonu, görüntüyle insan tanıma, çift kamerayla derinlik algılama ve sınırlı konuşma tanıma özellikleri var. SDR-4X nispeten küçük bir robot olup, yalnızca 58 cm uzunluğunda ve 6,5 kg ağırlığındadır.

Honda'nın insansı robot tasarım projesiyse 1986'da başlamış.

Bu insansı robotların sahip oldukları yetenekler, şimdiden etkileyici; SDR-4X düştüğü zaman yardıma ihtiyaç duymadan kalkabilmekte, ASIMO ise alışveriş sepetlerini sürebilmekte. Yine de her iki şirketin ve paralel olarak üniversitelerin bu konudaki araştırmaları, kesintisiz devam ediyor. İnsan-robot etkileşimini geliştirmek için de birçok araştırma var.

Eğitimde Robotlar

Robot bir ekip projesinin amacı haline geldiği zaman, öğrenci-robot ilişkisi, yaratıcıyla yaratılan arasındaki



ilişkiye dönüşür. Yaratıcılar olarak öğrenciler, sorunlara yapıcı çözümler üretmek amaca uygun bir robotik ürün elde etmelidirler. Bu tip bir projeden alınacak dersler değişken olmasına karşın, genel olarak robotik eğitiminden öğrenilebilecekler aşağıdakileridir:

- Teknolojiye doğru yetkilendirme, bilgilendirme,
- Takım çalışması,
- Araştırma ve birleştirme yetileri.

Müfredatın ya da teknik konferansların içeriği olarak düzenlenecek robot yarışmaları, öğrenci takımları için oldukça cazip olabilir.

Tartışma ve Sonuçlar

İnsanların robotlar hakkındaki önyargıları, bilgi ve deneyimleri oldukça etkilidir. "Paradoksal gibi gözükse de otomasyon sistemleri üzerine yapılan araştırmalar, aslında insan ve makineyi içeren yapay zeka sisteminin tasarımı için yapılan araştırmanın ta kendisidir. Yeni bir otomatik sistemin tasarımı, aslında bir takımın tasarımını içerir ve makinenin, bireyle insan arasında işbirliği yapılabilmesine uygun olması gerekir." Diğer bir ifadeyle insanlar ve robotlar, birbirleriyle verimli bir etkileşim kurmak için hareketlerini koordine etmek zorundadır. İnsan-robot etkileşim sistemi tasarımı üzerine oldukça ciddi çalışma ve araştırmalar

olmasına karşın hâlâ çok sayıda çözülmemiş sorun var:

- Sosyal robot nasıl değerlendirilmeli?
- Sosyal robotları, iyi bir robot-insan ilişkisi gösterenlerden ayıran farklar neler?
- Gelecekteki teknolojik gelişmeleri yönlendirecek temel sosyal konular neler?
- Bu konuyla ilgili uyulması gereken ahlaki kurallar var mı?
- Uzun süreli etkileşimler için nasıl tasarımlar yapmalıyız?

İleriye baktığımız zaman, insanların çalışma ve beraber iş yapma açısından sosyal robotların hayatımızda gitikçe daha fazla rol oynayacağını görürüz. Sosyal robotlar sağlık alanında, rehabilitasyon ve terapide yardımcı olacak, tur rehberi, ofis asistanı ve ev bakıcısı olarak insanlara yakın çalışacaklar. Bize bağlanacaklar, eğlendirecek ve aydınlatacaklar.

Sosyal robotlar konusunda en önemli olan, insan ve robotların yakın ve verimli bir şekilde etkileşmesi. Önemli olan yalnızca kısıtlı işleri başarabilecek teknikleri yaratmak değil, sosyal robotların insan toplumunun bir parçası olmasının yollarını aramak.

Asif Şabanoviç,
Selim Yannier

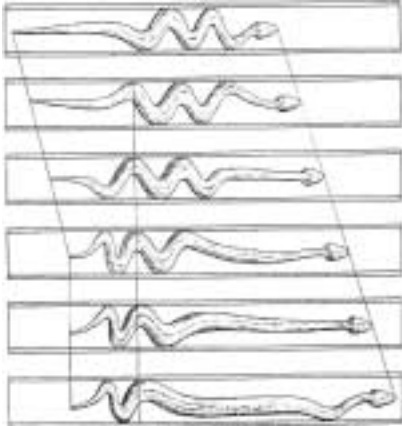
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Sabancı Üniversitesi

SÜRÜNEN ROBOTLAR

Tekerlekli ya da bacaklı robotlar üzerine pek çok çalışma ve araştırma yapılmış durumda. Bunlar değişik işlerde, farklı amaçlarla kullanılmışlar. Ancak hareket edebilecekleri yüzeyler ve hareket yetenekleri belirli bir sınırdaki kalmış. Yılan gibi hareket edebilen ya da sürünen robotlarsa, bu sınırın öteki tarafına rahatça geçebilecek yetenekte-ler.

Doğadaki yılanlar incelendiğinde yedi farklı hareket formuna sahip oldukları görülüyor. İnsanın aklına 'yılan hareketi' dendiği zaman ilk gelen form, belirli bir frekanstaki yanal dalganın geriye doğru ilerlemesiyle yılanın ileri doğru hareket etmesi. Dar oyuklarda rahatlıkla ilerlemelerini sağlarsa aksel bir dalganın vücutları boyuca iletilmesiyle gerçekleşen bir hareket. Bir başka temel hareket, vücutlarına U şekli vererek yuvarlanmaları.

Yılan hareketlerini taklit edecek robotların tasarlanmaları kolay değil. Doğada günümüze dek pek çok sorun çözülmüş, en iyi tasarımlar ortaya çıkmış. Bilim adamları bu hazır ve ideal çözümleri teknolojiye aktarmak istemişler; ancak çoğu kez doğadan esinlenmenin ötesine geçilememiş. Yılanların hareket edebildikleri ortamların çeşitliliği, sadece bir vücut şekline sahip olmalarına karşın ilerleme, yüzme, tutunma, tırmanma, engellerin çevresinden dolaşabilme gibi çeşitli hareketleri gerçekleştirebilmeleri, insanları bu canlıların hareketlerini taklit eden robotlar yapmaya yöneltmiş. Tekerlek ya da bacak benzeri bir mekanizma kullanmadan hareket edebilecek robotlar yapılmışsa da yılan gibi hareket eden bir robotun yukarıda bahsi geçen nedenlerle farklı bir cazibesi olmuş. Bu tipde bir robotun tekerlekli ya da bacaklı robotlara göre avantajları: ağırlık merkezi daha aşağıda olduğundan devrilme ya da düşme olasılığı çok azdır. Bu da kararlı bir hareketin ortaya çıkmasını sağlar. Belirli bir yükseklikten düştüğü zaman kırılacak, zarar göreceği parça sayısı azdır. Çok karmaşık yüzeylerde hareket edebilir. Yüksekliklere, basamaklara kolaylıkla tırmanıp bu engelleri aşabilir. Çekiş kuvveti oluşturmada avantajlıdır. Doğal yılanlar kendi ağırlıklarının dört, beş katını çekebilirler. Tam bir oranlama yapılmassa da, insan yapımı bir araç, ancak kendi ağırlığının %90'ını çekebilir. Yılanların kütlelerini büyük bir alana yayma-



Yılanların temel hareket formlarına örnekler



ACM-R1

ları, geniş temas yüzeyine sahip olmaları, oluşturdukları çekiş kuvvetlerinin artmasına neden olur. Hareket sırasında ağırlık merkezinin dikey olarak fazla hareket etmemesi, enerji tüketimini azaltır. Dar oyuklardan geçebilme özellikleri vardır. Çalışma sırasında bu tip robotların bazı modüllerinde bozulma olsa da hareket engellenmez. Bu robotların çeşitli dezavantajları da vardır: Üzerlerine konulabilecek, yüklenebilecek kütle sınırlıdır. Hareketleri nedeniyle böyle bir kütle yerleştirilmesi sorunludur. Sürünen robotların büyük bir kısmı yüksek serbestlik derecesine sahiptir. Bu da eyleyici sayısının artması demektir. Çok sayıda eyleyici, zorluklara ve sorunlara neden olabilir.

Bu robotlar, arama-kurtarma çalışmalarında, yangın söndürmede, ulaşılması güç mekanların incelenmesinde, gezegen yüzeyi araştırmalarında, boru içi bakım ve onarım faaliyetlerinde, tıbbi çalışmalarda, mayın arama ve imha faaliyetlerinde, zehirli gazların bulunduğu mekanlarda, madenlerde ve benzeri alanlarda kullanılmak amacıyla tasarlanmışlardır. Aynı zamanda yılan ve benzeri canlıların hareketlerinin daha net anlaşılabilmesine de katkı sağlayabilirler.

Yılan benzeri hareket edebilen ya da sürünen robotları fiziksel yapılarına göre, çok sayıda ufak birimden oluşanlar ve tek bir sürekli elemandan oluşanlar diye iki temel grupta toplayabiliriz. Çok sayıda birime sahip robotların bu yapısı, doğadaki yılanların iç yapısına daha yakın. Bu yapıdaki robotlara ilk örnek 1960'larda geliştirilmiş. Onbeş plakanın iki serbestlik dereceli eklemlerle birbirlerine bağlanmasıyla oluşan bu manipulatör, plakalara açılan deliklerden geçen çok sayıda telle istenen şekle getirilebiliyordu. 1970'lerde Tokyo Teknoloji Enstitüsü'nden Shiego Hirose, konuyla ilgili önemli çalışmalara başladı. 1980'lerin ortalarında ACM (Active Cord Mechanism) diye bilinen robotu ürettiler. Yaklaşık 2 metre uzunluğunda ve 28 kilo ağırlığında modüler bir yapıya sahip bu robot, tasarlanan denetim sistemiyle temel yılan hareketlerinden bazılarını taklit ederek hareket edebiliyordu. Pasif tekerleklerle sahip yirmi parçadan oluşuyordu. Parçaları birleştiren eklemlere yerleştirilen eyleyicilerle hareketin dalga dalga aktarılması sağlanıyordu. Hirose ve ekibi tasarladıkları robotun



SSR



Orochi



Makro Projesi'nde üretilen yılan benzeri robot

dezavantajlarını gidermek, daha iyisini elde edilmek amacıyla ACM serisinden III, IV, V, R1 ve R2'yi ürettiler. Farklı bir yapıya sahip olan SSR (Slim Slide Robot) ile üç boyutta hareket elde ettiler.

Almanya'da Makro Projesi dahilinde üretilen yılan benzeri robotun boruların içerisinde meydana gelen arızaları tespit ve onarmak amacıyla taşıyordu. Aktif tekerleklerle sahip altı parçadan oluşan bu robot, boruların içinde dolaşıp karşılaştığı engelleri rahatlıkla geçebiliyordu.

1995 yılında Japon NEC firması, deprem sonrası arama ve kurtarma çalışmalarında kullanmak amacıyla Orochi adında, yedi parçadan oluşan yılan benzeri bir robot üretti. Tasarlanan yeni eklem mekanizmasıyla hareket yeteneği artırıldı. Bu mekanizma, sürünen robotlar için yapılmış en iyi mekanik tasarımlar içinde yer alıyor. Ön kısma yerleştirilen kamera, robotu kontrol eden kişiye yardımcı oluyor.

Almanya'da, GMD firmasının ürettiği yılan benzeri robot da yılan hareketini olabildiğince taklit etme ve gerçek zamanlı denetim sistemlerinin uygulanmaları amacıyla tasarlanmıştır.

Sürünen ya da yılan benzeri hareket eden robotlarla ilgili olarak yukarıda verilen örneklerin dışında da pek çok çalışma var. Bu çalışmalar, karmaşık ve akıllı denetim sistemlerinin, yapay zekanın, gelişmiş algılayıcıların ve mikro bilgisayarların uygulamalarını kapsıyor. İleriki yıllarda makro ölçekten mikro boyuta geçecek bu robotlar, belki de vücudumuz içinde sağlığımız için hizmet edecekler.

Kutluk Bilge Arıkan,
Ali Emre Turgut

Makine Mühendisliği Bölümü, ODTÜ, Ankara

ÖLÇME ROBOTLARI

Kalite kontrol amaçlı ölçme işlemleri, üretim ve montaj hatlarında, imalat sürecinin en önemli aşamalarındandır. Günümüz teknolojisi, mükemmelliği ve üretimdeki hassasiyeti kalite kontrol işlemleriyle analiz eder. Bu işlem, ürün kalitesinin artmasını garantilerken üretim maliyetlerinin azalmasını sağlar.

Fabrika üretim hatlarında imal edilen parçaların ölçümleri için genelde iki yöntem kullanılır:

Süreç-dışı Ölçme: En çok kullanılan yöntemdir. Üretim hattından gelişigüzel alınan parça CMM (Koordinat Ölçme Makinesi) ya da mastarlar kullanılarak ölçülür. Ölçme işlemlerini yerine getiren en hassas makineler, CMM'lerdir. Üretim hatlarındaki ölçme işlemleri CMM 'ler sayesinde kolaylaşmış olmasına karşın, bu makineler hızlı üretim hatlarında bazı dezavantajları da beraberinde getirirler.

Süreç-içi Ölçme: Bu yöntemin kullanılmasının amacı, en yüksek kalite standartlarının elde edilmesi için üretimin %100'nün denetlenmesi. Bu işlem için sabit algılayıcı tünelleri kullanılıyor. Bu tünel sistemlerinde optik lazer algılayıcılar, sürekli olarak aynı noktayı ya da modeli ölçmek üzere yerleştiriliyorlar. Ürün üzerinde ölçülmek istenen her nokta için ayrı bir algılayıcı kullanılması gerekiyor.

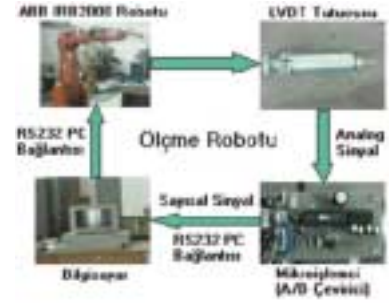
Günümüzdeyse istenilen kalite standartlarına uygun, seri imalat hatlarında CMM'lerin yerini tutacak ve onlar kadar hassas çalışabilecek Esnek Robotik Ölçme Sistemleri kullanılmaya başlanmış durumda.

Ölçme robotu, uzayda dokunulan herhangi bir noktanın X,Y,Z koordinatlarını tespit etmeye yardımcı olan bir ölçme sistemi. Temel prensip, hassas bir robota LVDT, lazer ya da kamera gibi gelişmiş bir sensör takmak. Örnek olarak, ODTÜ Makine Mühendisliği Bölümü'nde geliştirilen ölçme sisteminin esas yapısını oluşturan LVDT (Linear Voltage Differential Transducer) algılayıcısı. Bu algılayıcının özelliğiyle, yer değiştiren bir çekirdeğin (çubuk), voltajla oluşturduğu doğrusal bağlantıdır. Yer değiştiren çekirdek çubuğun oluşturduğu gerilim, Analog/Sayısal sinyal çevirici yardımıyla sayısal değere çevrilir ve böylece, bilgisayar tarafından algılanabilecek bir ölçüm değeri hazırlanmış olur. Sonuçta, elde edilen bu sayısal değer, robotun o andaki koordinatlarıyla bağdaştırılarak algılayıcının dokunduğu noktanın X,Y,Z koordinatları belirlenmiş olur.

Böyle bir sistemde, ölçülecek parçaların, ölçme işlemleri için üretim hattından çözülerek tekrar bağlanmasına gerek yoktur. Ölçme robotu sistemi, imalat sırasında her ürün için tek tek ve en kısa zamanda ölçüm işlemlerinin yapılmasına



Ölçme Robotu ve Sinyal Akış Şeması



Ölçme Robotlarının Otomatik İmalat Kalite Kontrolünde Kullanımı.

olanak sağlar. Ölçme robotlarının en önemli uygulama alanı, otomotiv sektörüdür. Araba şasisleri, kapıların ön yüzeyleri gibi parçaların kalite kontrolü bu ölçme robot sistemleri sayesinde kısa zamanda, hassas ve otomatik olarak yerine getirilebilir. Robot ölçme sisteminin CMM'lere göre en önemli üstünlüğü, çok hızlı bir şekilde yüzeylerden veri alma işlemini gerçekleştirebilmesidir. Bu nedenle, seri üretim hatlarında imalat hızı hiçbir şekilde olumsuz yönde etkilenmeden, ölçme ve kalite kontrol işlemleri yapılabilir. Sistemin diğer bir özelliğiyle uygulama alanlarına göre makul ve istenilen düzeyde hassasiyete sahip olmasıdır. Ölçme hassasiyetinin daha düşük olmasına karşın, robot kollarının hareket serbestliğinin daha fazla olması, robotun istenilen bir noktaya istenilen bir doğrultuda yaklaşabilmesini ve CMM'lerin zaman zaman erişemediği noktalara ulaşmasını sağlar. Otomatik yüzey tarama seçenekleri sayesinde geniş yüzeylerde oluşabilecek tasarım ve imalat hatalarının belirlenmesi mümkündür. Ölçme robotunun diğer önemli bir avantajıysa, maliyetinin bir CMM sistemi kadar yüksek olmamasıdır.

Günümüz otomotiv sanayiinde, birden fazla robot hızlı bir şekilde çalışarak üretim hattına bağlı bulunan bir otomobil şasisini çok kısa bir sürede kontrol edebilecek yeteneğe sahiptir. Ör-

neğin, BMW fabrikasındaki BMW-Z4 modellerinin ölçümü, dört adet ölçme robotun eşzamanlı çalışmasıyla yerine getiriliyor. Bu sistem kullanılarak 137 adet ölçüm noktası 92 saniye gibi kısa bir sürede tespit edilip ölçüm analizleri yapılabiliyor.

Ölçme robotları ürün tasarım aşamasında da kullanılıyor. Örneğin, otomotiv sanayiinde kilden yapılmış prototip tasarımdan imalat aşamasına kadar geçen sürecin enaza indirilmesinde ölçme robot sistemlerinin kullanımı önemli bir yer tutuyor.

Hızlı gelişen üretim teknolojisine bağlı olarak ölçme robotlarının, otomotiv sanayiinin yanında diğer alanlarda da çok önemli bir yere sahip olacağı düşünülmekte. Günümüz teknolojisinin en önemli iki unsuru, zaman ve hassasiyet. Ölçme robotları kullanımı, bu iki unsuru en iyi şekilde yerine getiriyor.

Y. Doç. Dr. İlhan Konukseven
Makine Mühendisliği Bölümü,
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

KAYNAKLAR

- Brian Rooks, "Robots get the measure of car body inspection", Int. Journal of Industrial Robot, vol. 28, pp.125-130, 2001.
- R. Araujo, U. Nunes, A. T. Almeida, "3D surface tracking with a robot manipulator", Journal of Intelligent and Robotics Systems, vol. 15, pp. 401-417, 1996.
- M.Y.Amirat, J. Pontnau, F. Artigue, "A three-dimensional measurement system for robot applications", Journal of Intelligent and Robotics Systems, vol. 9, pp. 291-299, 1994.
- C.Pudney, "Surface Modelling for surface following robots" ,Austrian Computer Sciences Communications, vol. 16, pp.43-54, 1994.
- C.Pudney, "Surface Modelling for robots equipped with range sensors", Proc. of the First Australian and New Zealand Conference on Intelligent Information Systems, pp.79-83, Dec.1993.
- C. H. Meng, H. Z. Yau, G. Y. Lai, "Automated precision measurement of surface profile in CAD-directed inspection", IEEE Trans. on Robotics and Automation, vol. 8, pp.268-275, April 1992.
- Staubli Co., "Flexible Robotic Absolute Measuring System - FRAMS", www.staubli.com
- Sherry L. Baranek, "Designing the Great American Supercar", Time-Compression Technologies Magazine, September/October 2002.



Prototip Tasarımdan İmalat Aşamasına Geçiş Sürecinin Kısaltılmasında Ölçme Robotu Kullanımı.