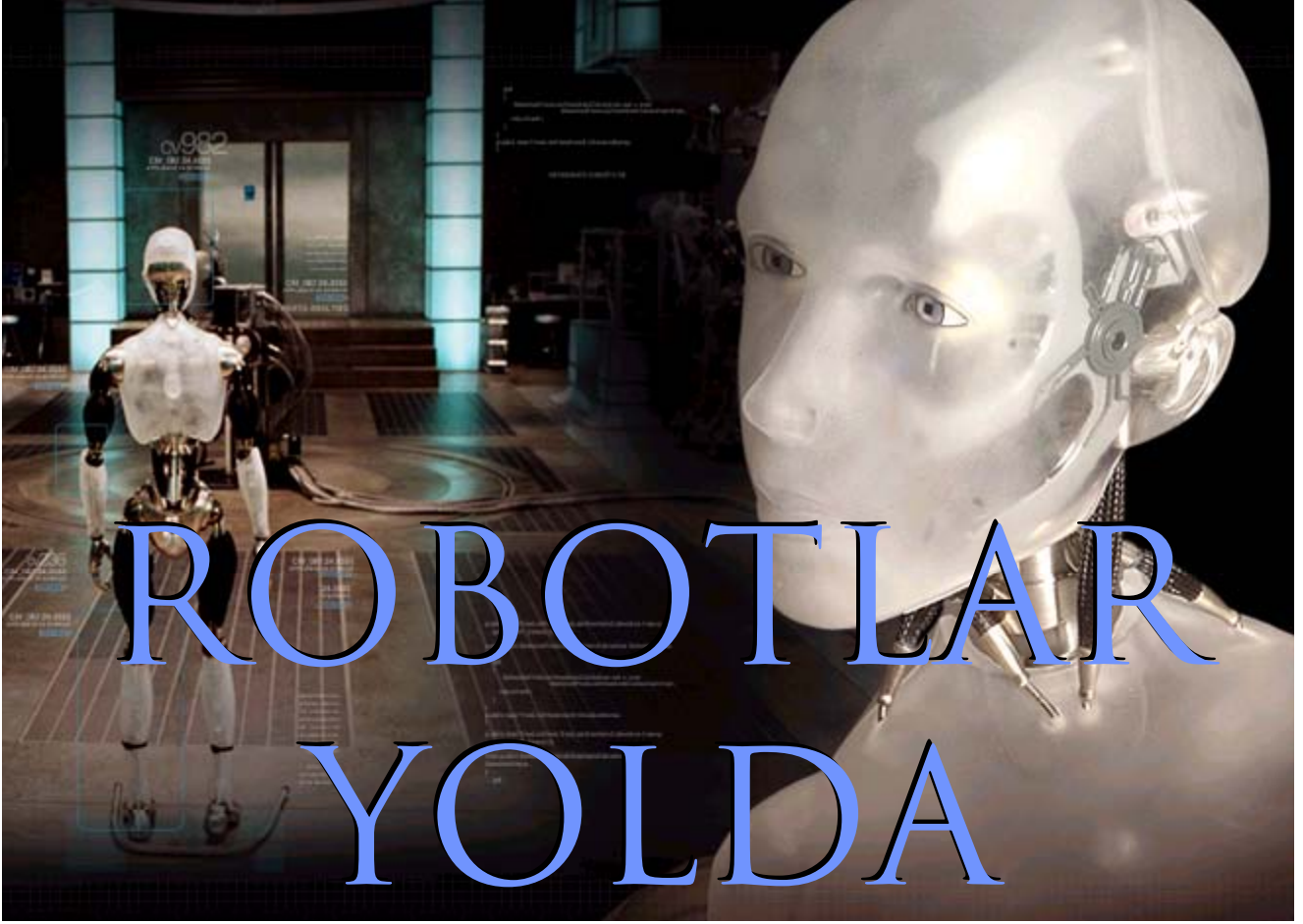




Dünyanın en gelişmiş süperbilgisayarı, saniyede 100 trilyon işlem yapabiliyor. Kimi bilimadamları bunun, insan beyninin işlem yapabilme gücüne yakın olduğunu düşünüyorlar. Aslında, makineler her zaman hesap kitap işlerinde çok iyidirler. Ama artık, satrançtan futbola, hatta müziğe kadar birçok alanda insanlara kafa tutmaya başladılar. 2002 yılının haziran ayında Gaak adlı bir robot, bağımsızlığını ilan etti bile. Rotherham'daki Magna Bilim Merkezi'ndeki bir sergiden kaçmaya çalışan Gaak, kimseye görünmeden geçebileceği bir aralık bulana kadar sürünerek ilerlemiş. Yakalandığındaysa, merkezin M1 karayolu çıkışına erişmişti. Peki, bir makine insan gibi hareket edebilir mi? Bu soru, yapay zekâ ve robot tartışmalarının odağını oluşturuyor.

Bir yandan bizim kadar zeki makineler ya da robotlar üretmeye çalışırken, bir yandan da kendi ürettiklerimizden korkmak için senaryolar yazıyoruz. Geçtiğimiz ay sinemalarda izlediğimiz "I Robot" filminde kuralları hiçe sayan robotlar, 2001 Uzay Macerası adlı filmde, yöneticisine baş kaldıran süper bilgisayar H.A.L. The Terminator'de insanları yok etmeye çalışan bilgisayar ağ sisteminin yarattığı Terminator adlı zeki robotlar ya da The Matrix'de insanları esir edip kendileri için gerekli enerjiyi insanlardan sağlamaya çalışan ajanlar bunların en ünlülerinden. Elbette, Yapay Zekâ adlı filmdeki gibi, daha duygusal ve iyi niyetli robotları konu alan ve yapay zekâyâ ve robotlara daha sempatik bakış açıları getiren filmler de var; ama bunlar azınlıkta.

Ünlü bilimkurgu yazarı Isaac Asimov, birçok meslektaşının aksine, kon-

trolden çıkmış, sahibini öldüren, dünyayı ele geçirmeye çalışan robotlardan söz etmekten hoşlanmaz, bunun bilim karşıtı bir propaganda olduğunu düşünürdü. Bu nedenle Asimov kitaplarında, robotlar hakkında kötü yargıları yıkip, teknolojinin rehberliğinde dünyayı nasıl daha kolay yaşanır bir yer haline getirebiliriz sorusunun yanıtlarını aramaya başlamıştı. 1940'ta Asimov "3 Robot Yasası" adını verdiği kuralları yayımladı ve daha sonra tüm kitaplarındaki robotlar bu yasalara uygun davrandılar.

1. Bir robot insanlara zarar vermez ya da insanların zarar görmesine izleyici kalmaz.
2. Bir robot ilk yasayla çalışmadığı sürece, insanlar tarafından verilen emirlere uymalıdır.
3. İlk iki yasayla çalışmadığı sürece, bir robot kendi varlığını korumalıdır.

Aradan geçen neredeyse 65 yıla ve harcanan onca paraya karşılık, hâlâ ne Asimov'un romanlarındaki gibi, ne de diğer yazarların insanlığı tehdit eden, yoldan çıkmış robotlarına benzer bir robot üretilebilmiş değil. Bununla birlikte, bu yolda önemli adımlar atılıyor, birçok çalışma yapılıyor.

Robot Bilimadamı

Bu çalışmalardan biri de, Galler Üniversitesi'nden Ross King'in 7 gün 24 saat kendisine laboratuvarında yardım edecek bir yardımcı yapmak iste-
mesiyle ortaya çıkan "robot bilimadamı".

Her ne kadar, yalnızca bir tezgâhın üzerinde hiç durmadan bir ileri bir geri gidip gelen ve ucunda bulunan hortum benzeri bir pipet yardımıyla bir kabın içinden birkaç damla sıvıyı alıp,



başka bir kabın içine fıskırtan bir makineden başka bir şey değilmiş gibi görünse de bu, dünyanın en gelişmiş “robot bilimadamı”. Bu robot, bilimsel sonuçlar çıkarabilen bir ana bilgisayar, sıvı işleyici bir robot ve okuyucudan oluşuyor. Bütün bu parçalarsa, denetim bilgisayarlarıyla birlikte çalışıyor. Çalışan yazılım programı, biyolojik bilgileri okuyabiliyor ve varsayımlar üretebilen kodları içeriyor. Önce deneyler seçiliyor ve sonra bütün sistem bütünleştiriliyor.

Nereden Nereye...

* Robot sözcüğünü ilk kullanan Çek oyun yazarı Karel Capek oldu. Robota sözcüğü, Çekçe’de angarya iş anlamına geliyor. Capek’in 1921’de yazdığı RUR (Rossum’un Evrensel Robotu) adlı oyunda, işe fabrika işçilerinin yerini almakla başlayıp, sonunda insanların egemenliğine son vermeyi amaçlayan bir robotun öyküsü anlatılıyordu. Bundan sonra robot sözcüğü birçok dile girdi, bilimkurgu yazarlarının ortak sözlüğündeki yerini aldı.

* 1950’de Bristol Üniversitesi’nden psikolog William Gery Walter, elektronik kaplumbağalar üretti. Kaplumbağalar birer fotoelektrik göze, ilerlemelerini sağlayan motorlara ve yükselticilere sahipti. Bunlar, duymusal uyarmayla hareket eden ilk robotlar oldular.

* 1968-72 yıllarında Stanford Araştırma Enstitüsü’nde geliştirilen Shakey, iki yönde hareket edebilen ve hareketlerini tasarlayabilen ilk örneklerden. Shakey hangi hareketi yapacağına karar verebilmek için, video görüntülerden yararlanıyordu. Görüntüdeki alanı parçalara ayırarak yolunun üzerindeki nesneleri algılıyor ve buna göre yapacağı hareketlere karar veriyordu. Shakey ile birlikte otonom robotlara doğru ilk adım atılmış oldu.

* Hilare du Laas 1979’da, yer değiştirdikçe çevresini betimleyen bir sistem yapmayı başardı. Sistem 16 ultrason yakalayıcı, lazer telemetre ve devir sayısını göstererek uzunluk ölçmeye yarayan gereçten oluşuyordu. Pilleri, alüminyum ve çelikten yapılmış gövdesiyle bu ağırlık, tam 400 kg ağırlığındaydı.

* Ghenghis, 1990’da MIT’de Rodney Brooks tarafından üretildi. Altı bacaklı, 35 cm boyunda ve böceğe benzeyen Ghenghis, engebeli zeminlerde ilerleyebiliyordu. Ghenghis, merkezi

Moleküler biyolojide, veri dağları arasından istenen genlere ulaşmak yeni donanım sistemleri ve otomasyon sayesinde artık olası. Ancak, bilgisayarın yalnızca verileri taraması bunun için yeterli değil, aynı zamanda yeni verinin ne olacağına da karar vermesi gerekiyor. Aslında robot bilimadamı yapma düşüncesinin altında yatan neden, atacağı bir sonraki adımda insanlardan komut almak zorunda kalmayan ve kendi kararını verebilen bir makine yapmayı istemek. 2003 yazında, robot bilimadamı ilk sınavını vermek üzere hazır. Görevi, farklı türde mayalardaki genetik çeşitliliği tanımlamaktı. Amino asit oluşumu, ilkel maddeleri, ara maddeye ve son ürüne dönüştürecek enzim bileşimi gerektiriyor. Bir enzim A maddesini B’ye dönüştürürken, B maddesi başka biriyle C’ye ya da D’ye dönüşebilir, hatta bir de fazladan G çıkabilir karşımıza. Bu süreç devam ederken, genlerden birinin eksik oldu-

bir sistem yerine, algılayıcılar aracılığıyla birbirine bağlı modüllerin daha etkin biçimde çalışabileceğini gösterdi.

* Mars yüzeyinde hareket etmesi için üretilen Ambler’in de doğum tarihi 1990. Carnegie Mellon’da geliştirilen Ambler, engebeli yüzeylerde hareket edebiliyordu ve 3 boyutlu olarak yön bulma becerisine sahipti. 5 m boyundaki bu devin, 6 bacağı sayesinde Mars’ın engebeli yüzeyinde, hendeklere düşmeden ilerleyebilmesi tasarlanmıştı.

* 1995’te Rodney Brooks tarafından MIT’de üretilen Cog, kafa, gövde ve iki koldan oluşan ilk toplumsal robotlardan biri. Cog, insanlarla etkileşime girebiliyor ve az da olsa öğrenme kapasitesine sahip.

* 1996’da Honda, 1,82 cm boyunda, 210 kg ağırlığında P2’yi üretti. P2 insan yürüyüşüne benzer biçimde yürüyebilen ilk robot. P2’nin atası olan E0 yalnızca iki bacadan oluşurken, P2’nin torunu, günümüzün en popüler humanoid robotlardan biri sayılan Asimo.

* 1998’de yine Carnegie Mellon’da üretilen ve NASA’nın desteklediği Nomad’ın görevleri, Antarktika’da göktaşı avına çıkmak ve Kuzey Kutbu’ndaki kimi kraterlerin sorumlusu kabul edilen Ay’daki buzulla ilgili araştırmalar yapmaktı.

* Sony’nin 2000’de ürettiği 50 cm boyunda ve 5 kg ağırlığındaki Dream Robot, sinirsel ve bilişsel kapasiteye sahip ilk humanoid robot. Yürümek, dans etmek, eğilip kalkmak, tek ayak üzerinde dengede durmak Dream Robot’un yapabildiklerinden yalnızca birkaçı. Ayrıca, günlük dilde ikili bir konuşma yapabilmek için sesleri tanıyabilen, tek renkli nesneleri alabilmesini ve gözleriyle izleyebilmesini sağlayan bir sisteme sahipti.

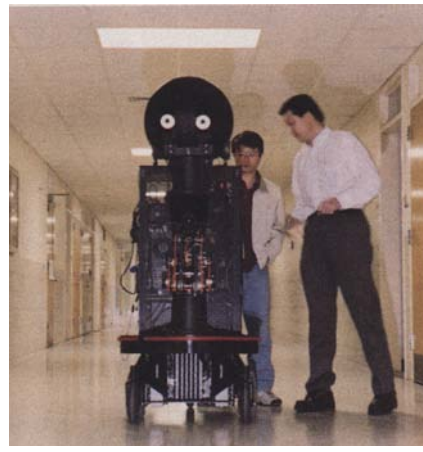


ğu mutant bir tür, süreci kesintiye uğratabilir. Ancak, kendi kendilerine yapamadıkları ara maddeyi içeren ek besinlerle, bu tür mutantları kurtarmak olası. Robot bilimadamının işi, aromatik amino asit (AAA) sentezinde görevli genlerin eksik olduğu farklı maya türlerini ele almak, hangi desteğe gerek duyulduğunu görmek ve hangi genin hangi işi yaptığını çözmek. Bunun için önce, biyolojik verileri bilgisayar için formlere dönüştüren bir “mantıksal formül” geliştirildi. AAA için veriler Kyoto Gen ve Genom Ansiklopedisi’nden alındı. Robot bilimadamı, mantıksal formülü kullanarak kendi mantıksal dil programında AAA için bir model oluşturdu. Bundan sonra robot, bu modeli kullanarak AAA enzimatik tepkimeleri ile ilgili varsayımlar geliştirip, bunları denemek için deneyler yapmaya başladı. Bu deneyler yardımıyla robot, alınan sonuçları yorumlayıp varsayımla tutarsızlık gösterenleri eliyor. Uzmanlar robot bilimadamının, gerçekten de insanlar kadar iyi performans gösterdiğini söylüyorlar. Kim bilir, belki de bir süre sonra, laboratuvarlarda emek ve sabır gerektiren tüm zahmetli işleri robotlar yapmaya başlarlar.

Bazıları Öğrenebiliyor

“Mükemmel bir mekanik yardımcı mı istiyorsunuz? O zaman programlamayı unutun, bu robotları okula göndermeniz yeterli” diyor Michigan Üniversitesi’nden Juyang Weng. Geleneksel robotları yeni bir görev için özel olarak programlamak gerekir, onlara

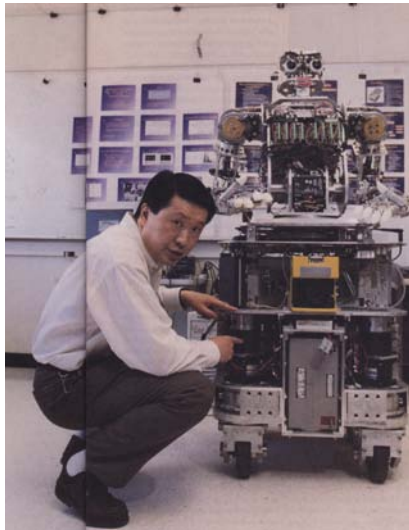
yeni bir şey öğretemeyiz. Elbette, ondan birçok veri elde edebiliriz ancak bu, programcının daha önceden programladığı parametrelerden elde edilenden daha ileri bir şey olmaz. Oysa, biz insanlar için öğrenme süreci çok farklı. Gerçek zamanlıdır ve herhangi bir anda, herhangi bir şey yaparken herhangi bir şeyi öğrenebiliriz. Weng'e göre bu tür bir öğrenme biçimi, öngörülemez ya da beklenmedik durumlarla karşılaştığında durumun üstesinden gelmesi istenen bir robot için de kesinlikle gerekli. 1994'te Weng ve arkadaşları, bir çocuk gibi öğrenebilme becerisine sahip bir robot yapabilmek için kolları sıvadılar. SAIL siyah, ay yüzü ve merak gibi birtakım dürtü ve davranışları barındıran ve Weng'in deyimiyile "gelişimsel program"a sahip bir robot olarak doğdu. Bir robotun doğumu, aslında onun dış dünyayla etkileşime başlaması anlamına geliyor. Bu etkileşimler sayesinde robot, dış dünyayla ilgili beceriler geliştirebiliyor. Örneğin, SAIL bu sayede yön bulma, tanımlama, nesneleri sınıflandırma ve hatta bir parça da konuşma becerisi edinebilmiş. Elbette bütün bunlar için robotun iyi öğretmenlere de gereksinimi var. SAIL'in öğretmenleri Weng ve Huang, robotun yön bulma becerisini geliştirebilmek için, onu fakülte binasının koridorlarında gezdirmişler. SAIL'in gözlerindeki iki kamera etrafı tararken, öğretmenleri sağa, sola dönmesi gerektiğinde ya da yoldan geçenlere çarpmasını engellemek amacıyla, arkadan omuzlarında bulunan algılayıcılara dokunuyorlarmış. Sonunda SAIL, ne yapması gerektiğini anlamış ve artık bütün yolu kendi başına kat edebiliyor. SAIL de tıpkı diğer çocuklar gibi, oyuncaklarla oynamayı seviyor. Barbie de oyuncaklarından biri. Robot, Barbie'yi eline alıyor, evirip çevirip her açıdan inceledikten sonra bebeğin adının Barbie olduğunu söylüyor ve onu küçük oyuncakların bulunduğu kutuya koyuyor. Bir başka oyuncak eline verildiğindeyse, onun adının Barbie olmadığını söyleyip, onu da boyutuna göre küçük ya da büyük oyuncak kutularından uygun olanına koyabiliyor. Her ne kadar SAIL'in zihni yıllar içinde yapılan alıştırma ve çalışmalarla gelişse de, vücut yapısı, basit algılayıcılar ve kısıtlı hareket yeteneği nedeniyle öğrenme beceresi de sınırlı ka-



lıydı. Bu nedenle ona yeni bir kardeş yaptılar. Dav, SAIL'e göre insana daha çok benzeyen bir görünüme sahip. Dav'in de gözlerinde çevrilebilir kameralar bulunuyor, ayrıca kulakları için mikروفon ve bazı temel yüz mimiklerini yapabilmesi için de dudakları ve kaşları var. Çok eklemlili kolları ve elleri konum, kuvvet, hareket ve diğer durumları kaydeden algılayıcılarla birlikte çalışıyor. Ayakların yerinde bulunan tekerleklerle, her biri ikişer motorla idare edildiğinde birbirleriyle senkronize olarak hareket edebiliyor. Dav her ne kadar 242 kg ağırlığında ve mekanik olarak çok karmaşık bir yapıda olsa da, o daha bir bebek. O da tıpkı kardeşi SAIL gibi, yürümeyi, konuşmayı ve daha birçok şeyi öğreniyor ve bekli de günün birinde henüz hiçbir robotun yapamadığını becerecek ve dünyada neler olup bittiğini de bir dereceye kadar anlamaya başlayacak.

Bize Benzeyecekler

1980'lerde çalışmalar, insanlar gibi sorun çözen ve akıl yürütebilen makineler yapmaya odaklanmıştı. Ancak, yapay zekâ konusunda karşımıza çıkan en önemli sorun, bilinç. Bilinç bize, hissetme ve varlığımızın farkında olma gibi ayrıcalıklar tanır. Oysa, bili-



madamları robotlara, en basit bilişsel özelliği kazandırmakta bile güçlük çekiyorlar. 1990'ların başlarında, bilimadamları insan zekâsını yendien yaratmaya çalışmaktan vazgeçip daha küçük ve bağımsız robotlar yapmaya yöneldiler.

Bir yıl kadar önce, nörolog Mitsuo Kawato Japon hükümetince tam 445 milyon dolarlık bir bütçenin başına getirildi. İstekleri açtı; 5 yaşındaki bir çocuğun düşünsel, duygusal ve fiziksel becerilerine sahip bir robot yaptırmak. Kawato, çalışmasına çok ünlü bir Japon çizgi kahraman olan Tetsuwan Atom'dan esinlenerek Atom Project adını verdi. Projede amaçlanan hesaplama hızı, pil kapasitesi, kamera ve motor boyutları ve yazılım kapasitesi gibi alanlarda elde edilen gelişmeler, robot teknolojisinde ulaşılmak istenen yürüyen, konuşan, hisseden android hedefine yaklaştığımızın göstergesi.

Robot teknolojileri konusunda, 15 yıl içinde çok yol kat ettik. Bu ilerleme sayesinde bugün, iki ayağı üzerinde yürüyebilen, basit konuşmalara katılabilen, bazı temel işleri yapabilen robotlarımız var. Ancak, yine de henüz kendi başına kentte gezintiye çıkabilen ya da ayakkabı bağacıklarını bağlayabilen bir robotumuz yok. Bilim adamları, 5 yıl içinde robotların çok kritik bir eşiği geçeceğini ve bundan böyle yalnızca birer araç olmaktan çıkıp, yaşamı paylaştığımız arkadaşlar haline geleceklerini söylüyorlar. Yine de, "I Robot" filminin kahramanı Sonny kadar gelişmiş bir robot yapabilmek için çözmemiz gereken bazı karmaşık sorunlar var. Robot dünyasına ilişkin bir başka gelişmeysen, artık robotları demir yığını biçiminde birer makine olarak görmek zorunda kalmayacağımız. Uzmanlar, robotlara insanların sahip olduğu kimi becerileri kazandırmaya çalışırken, bir yandan da onları bize benzetmek için ellerinden geleni yapıyorlar. Elleri, kolları, bacakları, dudakları, gözleri, kulakları, derileri, hatta mide-leri bile insanlarınkine benzer biçimde üretilmeye çalışılıyor.

Elif Yılmaz

Kaynaklar

Capps, R., "Humanoid Race", Wired, Temmuz 2004
Morton, O., "A Machine With a Mind of Its Own", Wired, Ağustos 2004
"Teachable Robots", Technology Review, Temmuz/Ağustos 2003
<http://www.nature.com/cgitaf/DynaPage.taf?file=nrg/journal/v5/n3/full/nrg1>
http://www.wired.com/wired/archive/12.07/machines_pr.html
<http://www.bbc.co.uk/science/hottopics/ai/>

Kaslar

TRON-X: Robotun üreticisi Festo AG, araba parçalarını birleştiren, bilgisayar yapan ya da mikrodalga fırınlarda pişirilmek üzere yemekleri özel kutulara yerleştiren montaj hattı robotlarında uzmanlaşmış bir firma. Tron-X 200 de, havalı silindirlere hayat veren bir android. Tüplerinden hava pompalama işleminin son kontrolleri sırasında operatörler Tron-X'e, insan gibi dans etme, yüz ifadesini değiştirme ve karmaşık el hareketleri yapma gibi komutlar verebiliyorlar.

EWA-1: Yapay kas çalışmalarını desteklemek amacıyla geçen yıl NASA JPL, robotlarla insanları karşı karşıya getiren bir bilek güreşi yarışmasına ev sahipliği yaptı. Favori yarışmacılardan biri olan EWA-1, gücünü altı adet iletken grafit tel desteğinden alıyor. 120 volt güçle kasılan teller sayesinde yapay kol, şampiyonluk kürsüsündeki yerini aldı.

Eller

SHADOW HAND: Shadow Robot Firması sekiz yıllık çalışma sonunda, insan elinin yapabildiği 25 hareketi taklit edebilen bir robot el geliştirdi.

ACT Hand: The Anatomically Correct Testbed'in de amacı, insan anatomisini taklit etmek. Kemikleri bizimkiler benziyor, eklemleri tıpkı bizimkiler gibi hareket olanağı sağlıyor ve hareketlerini denetlemek için beyinden gelen sinirsel komutlara benzer sinyaller kullanılıyor. Her ne kadar asıl hedef, tam bir el yapabilmek olsa da, Carnegie Mellon'da yapılan çalışmalarla henüz yalnızca bir parmak üretilebildi.



Yüz İfadeleri

WE-4R: Olağan bir iş ya da okul gününde korku, kızgınlık, şaşkınlık, sevinç, bıkkınlık, üzüntü ya da huzur gibi birçok şey hissedebiliriz. Bu yedi duyguyu WE-4R'ün de yüzünden okuyabiliriz. Bununla birlikte, WE-4R görebiliyor, duyabiliyor, dokunabiliyor ve koklayabiliyor. Japonya'daki Waseda Üniversitesi'nden bir grup araştırmacı, duyuların duygularla ifadesi üzerinde çalışırken WE-4R'ü yaratmışlar. Araştırmacıların asıl hedefi, dış uyarıcılarının duygusal tepkilere nasıl yol açtığını gösteren matematiksel bir model geliştirebilmek.

Mide

ECOBOT: West of England Üniversitesi'nden araştırmacılar, tıpkı insanlar gibi gerek duydukları enerjiyi, sindirim sistemlerindeki kilerden alabilen "gatrobot"lar üzerinde çalışıyorlar. EcoBot da, kısa sürede sağlaması gereken enerjiyi şekerden alabiliyor. Aldığı enerji, bu 900 gramlık robotun uzun gezintiler yapmasına şimdilik olanak tanımıyor belki ama, EcoBot saatte 2,5 metre yürüyebiliyor.

Bacaklar

ASIMO: Honda 1986'da başladığı çalışmaların sonunda 10 yıl sonra ilk iki ayaklı humanoid robotu ortaya çıkardı. Zaman içinde geliştirilen

bu iki ayaklı, sonunda dünyanın en ünlü robotlarından biri olan Asimo haline geldi. Bugün bir düzine Asimo, yürüyüş yaparak ve merdiven inip çıkarak gösteriler yapıyor. Başarılı yürüyüşünü, içinde bulunan büyük algılayıcılar sayesinde gerçekleştiren 1,20 m boyunda ve 50 kg ağırlığındaki Asimo, dengesini de bir cirooskop yardımıyla sağlayabiliyor.

SONY QRIO: Sony'nin ürettiği minik robot Qrio, koşmak, tek ayak üzerinde durmak ve düşünce yerden kalkabilmek gibi çok karmaşık hareketleri yapabiliyor. Tabanlarına yerleştirilen algılayıcılar sayesinde Qrio, önceden tahmin edilmemiş yapıda bir zeminle karşılaştığında yeni programlar hemen devreye girip gerekli komutları verebiliyor.

Kulaklar

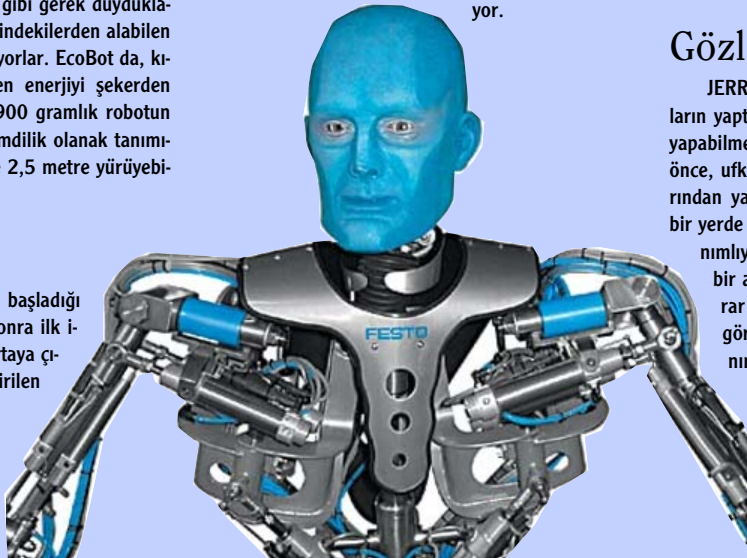
SIG2: SIG2 dünyadaki en gelişmiş işitme sistemine sahip. Kyoto Üniversitesi ve Kitano Symbiotic Systems Project'in ürettiği SIG2'nin sahip olduğu silikon kulaklar, tıp okullarına 90 \$'a satılıyor. Kulaktaki filtre sistemi sayesinde, SIG2 üç ayrı kişinin aynı anda söylediği şeyleri anlayabiliyor.

ROBITA: Robita yalnızca duymakla kalmıyor, belki de birçoğumuzun yapamadığı şeyi de yapıyor; dinleyebiliyor. Robot, sesi tanımladıktan sonra, konuşmacıyla yüz yüze gelerek konuşmaya katılabiliyor, hatta kendi bilgilerine aykırı olan ya da programlanmış düşüncelerine uymayan şeyler söz konusu olduğunda, araya girip söylenenlere itiraz edebiliyor.

PaPeRo: NEC Multimedia Araştırma Laboratuvarları'nda geliştirilen PaPeRo, dünyanın ilk iki dil bilen robotu. Yüksek hızlı konuşma tanımlama sistemi sayesinde PaPeRo, 25 bin İngilizce ve 50 bin Japonca sözcüğü anlayabiliyor. Ayrıca PaPeRo, konuşmacıya "çok gürültü var" gibi uyarılarla, konuşmasının duyulması konusunda bir sorun olup olmadığını da haber veriyor.

Burun

RAT: Monash Üniversitesi'nden Andy Russell'in tasarımı olan "kokurobotu" başarılı bir biçimde kokuları izleyebiliyor. Her ne kadar insan burnu Rat'inkine oranla yaklaşık 1 milyon kat daha hassas olsa da, bu robot bazı özel kimyasal maddeleri izlemek üzere programlanabiliyor ve asla yanlışlığı düşmüyor.



Dudaklar

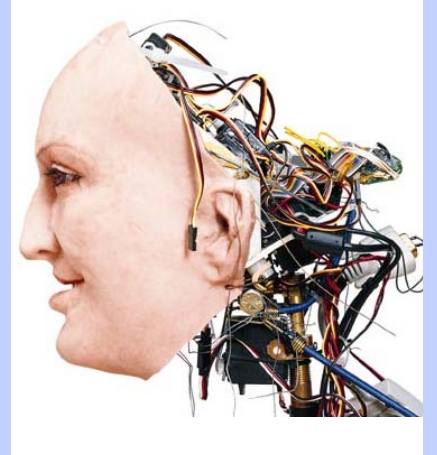
PARTNER ROBOT: Trompet, müzik aletleri içinde fiziksel anlamda çalınması en güç olanlardan biri; çalının, dudakları ve nefesiyle enstrümandan farklı notalar çıkarabilmesi gerekir. Toyota firmasının ürettiği Partner, neredeyse Louis Armstrong kadar başarılı bir trompetçi. Ancak bu müzisyen dudaklar hakkında ayrıntılı bilgi, firma yetkililerince henüz kimseyle paylaşılmıyor.

KRT-V.3: Sawada'nın ürettiği "motorağız" lakaplı bu robot, diğer konuşkan robotların aksine, insan sesine benzer sesleri sayısal dalgalar ya da hoparlörler olmaksızın çıkarabiliyor. Hava basıncı, robotun yapay ses tellerini titreterek ses çıkarmasını sağlıyor. Bu sesler de, KRT-V.3'ün yumuşak silikon dudaklarında şekilleniyor.

Deri

VERA: Texas Üniversitesi'nden David Hanson, insanın doğal üst derisinin esnekliğinde yapay bir deri üretti. Bu malzemeyle android Vera'nın yüz ifadesi, daha önceden kullanılan malzemelere oranla çok daha başarılı bir biçimde değişebiliyor. İlk defa Vera ile insan gülüşüne benzer bir gülüşe sahip bir robotumuz oldu.

ROBOVIE IIS: Robovie, hissedebilen bir deriye sahip bir android. Japon İleri Telekomünikasyon Araştırma Enstitüsü, Robovie'ye dokunulduğunda



elektriğe neden olan silikon dış katmanda, piezoelektrik film tabakalar kullanmış. Eğer biri, Robovie'nin omzuna nazıkçe dokunursa, robot Japonca "efendim?" diyerek arkasına dönüyor. Ancak, arkadaşan itilirse ya da biri ona çarparsa Robovie, "ah" diye bir ses çıkararak darbenin nereden geldiğini algılayabiliyor.

Gözler

JERRY: MIT'de üretilen Jerry de, tıpkı insanların yaptığı gibi, doğru ve hızlı görsel tahminler yapabilmek için sesli ipuçlarını kullanıyor. Jerry önce, ufka olan uzaklık gibi büyük ölçekli ipuçlarından yararlanıp, bir caddede mi, yoksa kapalı bir yerde mi olduğunu algılamak için çevresini tanımlıyor. Sonra da, yolda önüne çıkan şeyin bir araba mı, yoksa koltuk mu olduğuna karar veriyor. Araştırmacılar bunu, "ağacı görmek için ormanı kullanmak" olarak tanımlıyorlar.