

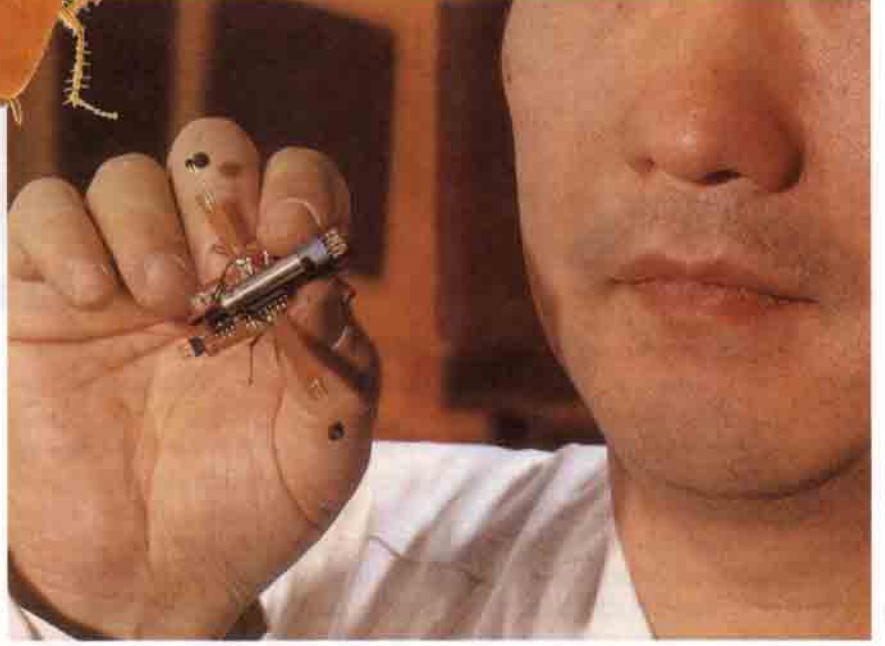
Robo Böcekler

Tokyo'nun merkezinde bir laboratuvardaki plastik kafes hamam böcekleri ile kaynıyor. Ancak, bunlar sıradan mutfak haşararı değil- bunlar biyoteknolojik hamam böcekleri, kanatları kesilmiş ve yerine minyatür elektronik devreler takılmış. Bu böcekleri yaratmaya yardımcı olan İsveçli araştırmacı Raphael Holzer, sırtındaki elektronik yükünden tutarak bir tanesini kaldırıyor. Böcek kaçıp hızla laboratuvar masasına doğru giderken, Holzer "Bu onlara dokunmayı kolaylaştırıyor" diyor ve böceği kapıp kafesine geri atıyor.

Bu talihsiz yaratıklar Tokyo Üniversitesi'nden makina mühendisi Isao Shimoyama'nın yaptığı deneyin bir parçası. Shimoyama ve meslekdaşları küçük elektrotlar üzerinden elektrikle sinir sistemlerini uyararak, komutlara göre sağa sola dönen, ileri fırlayan "Robo-böcekler" yaratmışlar. Robot böceklerin bir gün böcek sürülerini tozlaşmaya ihtiyaç olan ekinlere götüreceklerini umuyorlar, ya da onlar yardımıyla zararlı böceklerden kurtulmayı. Bununla birlikte esas hedefleri, böceklerin anatomilerini öğrenip doğanın hünerli tasarımlarına dayanan mikromakinalar üretmek.

Dört yıl önce bu çalışmalara başlamadan önce Shimoyama esnek ve özgürce hareket edebilen, örneğin endüstride kullanılan boruların içinde dolaşabilecek kadar küçük, mikromakinalar tasarlamaya çalışıyordu. Ancak, kısa süre sonra, doğanın mükemmel bir şekilde zaten yarattığı bir makinaryı tasarlamakla

z a m a n
harca-
dı-



ğını anlamış. Böcekler şimdiye kadar yapılmış her küçük mekanik aletten daha mükemmel bir şekilde hareket edebiliyorlar. Öyleyse neden komutlara uymaları için yaşayan böceklerin sinir sistemleri ile oynanmasın?

"Böcekler doğal seleksiyonla evrim geçirmişler" öyleyse uygun mekanizmaları ve yapıları var" diyor Shimoyama. "Ve memelilere göre çok basitler. Böcekleri kontrol etmeyi kolaylaştıran da bu basitlik". İnsanların sadece

beyinlerinde taşıdıkları 10 milyar sinir hücresi ile karşılaştırdığında toplam olarak 10 binle 1 milyon arasında sinir hücreleri var. Ve insanlardan farklı olarak böceklerin çok basit bir komut-cevap sistemleri var. Örneğin, bir insanın sırtına vurun. korkabilir, şaşırabilir, memnun kalabilir. Ya da duruma göre daha farklı tepkiler verebilir. Ancak, böcekler bir uyarıya sadece tek bir tepki gösterirler ve bu da yapay bir uyarıya ne cevap vereceklerinin önceden bilinmesini sağlıyor.

Böcek sinir sistemlerini uyarma yollarını geliştirmek için Shimo-

yama, Tsukuba Üniversitesi'nden böcek sinir sistemi konusunda uzman Ryahei Kanzaki ile işbirliği yapmış. Japon hükümeti, çoğu uçan böceklerle kontrol edilebilen tozlaşmada ilerleme sağlanmasını isteyen Tarım Bakanlığı'ndan gelen parayla, projelerini desteklemiş. Hükümet ayrıca mikromakina teknolojisini desteklemek için de para veriyor.

Koku Peşinde

Araştırmacılar eşleşme dönemlerinde dişilerin saldırdığı feromonu takip etmek için biyolojik olarak programlanmış olan erkek ipek böceği güveleri ile deneylerine başlamışlar. Erkeğin öndeki iki algılayıcısı, feromonun kokusunu almaz kanat ve kol kaslarına sinyal gönderiyorlar. Örneğin, eğer kokuyu sağdan alırsa güveyi sağa döndürecek bir sinyali harekete geçiriyor. Böcek kokunun peşinde kalabilmek için sabit olarak yön değiştiriyor ve olağan sonuç ise çizdiği zikzaklı, büküntülü yol.

Kanzaki ve Shimoyama, ilk olarak feromonla uyarıldıklarında algılayıcıların kaslara gönderdiği elektrik sinyallerini incelemişler. Güvelerin duyu sinirlerine elektrotlar takarak ve sinyalleri şiddetlendirerek işe başlamışlar. Daha sonra, feromonu aradan kaldırarak ve elektrotlarla elektrik sinyallerini kaslara geri



göndererek işlemi tersine çevirmişler. Kısa zamanda güve suni uyarıya cevap olarak aynı yolu takip etmiş.

Ancak şaşırtıcıdır ki, araştırmacılar sol anteni elektrikle uyardıklarında güvenin sağa döndüğünü, benzer olarak, sağ antenin uyarılmasıyla da güvenin sola döndüğünü görmüşler. Shimoyama, suni uyarmanın, güvenin kokulara cevap veren sinir hücreleri yerine, kaçma mekanizmasını harekete geçirdiğini düşünüyor. Kaçma, hareket ve basınca cevap veren mekanik duyarlar ile tetitleniyor. Shimoyama ve meslektaşları, antenleri tek tek uyararak güvenin yürüme hareketini kontrol edebilmişler. Shimoyama'ya göre bu, metodun çalışabileceğine dair bir kanıt.

Elektronik Sırt Çantaları

Araştırmacılar ayrıca, bir gün endüstride belki kullanılır diyerek örneğin, kaçak gazları tespit için ipek böceği güvelerinin duyu sistemleri üzerinde de çalışmışlar. Bilinen gaz dedektörleri, tek bir feromon molekülüne bile cevap verebilen güvenin duyarlarından daha az hassastır. Araştırmacılar, duyarların nasıl çalıştığını ayrıntılı olarak incelemeyi ve onları geleceğin mikromakinalarının yapay burunları olarak kopya etmeyi umuyorlar.

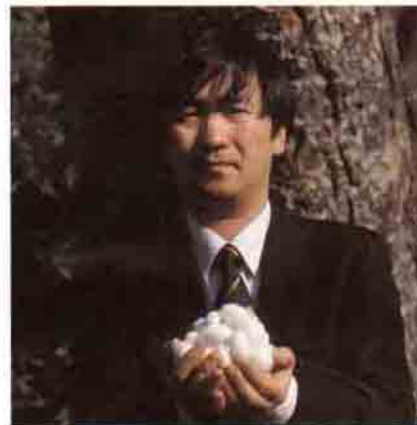
Tatlı patates güveleri kullanarak böcek kontrolünü bir adım ileri götürmüşler. Bir güveye bir radyo vericisi yerleştirmişler ve uçuş sırasında kaslarına ulaşan elektrik sinyalini ölçmüşler. Şimdi, uzaktan idare cihazı yoluyla sinyalleri geri besleyerek böceğin uçuşunu kontrol edebiliyorlarmış. Bir pil, enfraruj alıcı ve 8-bitlik mikroişlemciden oluşan bir elektronik sistemi böceğin sırtına bağlamışlar. Gönderilen kızılötesi sinyalleri, mikroişleme elektrik sinyaline çevirdikten sonra ve elektrot yoluyla güvenin sinir sistemine iletiyorlarmış.

Güveler üzerindeki çalışmalar sürerken, başka bir böceğe yönelmişler. Üstünde çok çalışıldığı ve iyi anlaşıldığı için hamam böcekleri seçilmiş. Bunlar her yerde yürüyebiliyorlar, her şeyi yiyebiliyorlar ve diğer böceklere göre daha uzun bir zaman yaşıyorlar; yaklaşık bir yıl.



Araştırmacılar yine, hareket ettikçe böceğin hareket ederken anteninden oluşan elektrik sinyallerini ölçmüşler, bu sinyallere karşılık gelen cevaplarla eşleştirmişler ve sinyalleri yapay olarak yeniden üreten bir elektrik devresi yapmışlar. Sonuçta ortaya çıkan Robo-böcek, kanatları çıkarılmış ve onun yerine bir sırt çantası yerleştirilmiş normal bir Amerikan hamamböceği. Patates güvesi için kullanılabilecek bir sistemle, bu biyonomik hamamböcekleri komutlara göre ileri sağa veya sola doğru yönlendirilebiliyorlar.

Shimoyama, araştırmasının olağanüstü uygulama potansiyeline dikkat çekiyor. "Eğer bazı sosyal böcekleri kontrol edebilirsiniz bütün böcek sürüsünü bir ağa doğru ya da, çiçekleri tozlamaya yöneltebilirsiniz." diyor. Örneğin, bir avuç biyonomik çekirge, bir çekirge sürüsünü tuzla düşürmek için kullanılabilir. Belki de biyonomik bir arının dansı düzenlenerek, kovadaki diğer arıları çiçekleri tozlamak üzere tarladaki bitkilere doğru yönlendirmesi sağlanabilir. Ancak, bunun işe yarayıp yaramayacağı büyük bir kumar. Araştırmacılara göre, bütün bir sürünün bir kaç arının kontrolüyle yönlendirilmesi mümkün olmayabilir. Araştırma grubu



ayrıca, yapay bir göz üzerinde de çalışıyor. Böceklerin bileşik gözlerinden model alınarak düşünülen bu göz, bir robotun engeller arasından yürüyebilmesini sağlayacak. Düşündükleri, suni gözden gelen ve önündeki cisimle ilgili sinyaller, robotu sağa sola yönlendiren elektronik sinir sisteminin sinyallerine çevirmek.

Sinek Gözü

Bir sineğin bileşik gözü 750 küçük mercekten oluşan ve her biri görüş alanının bir bölümüne bakan, bir bal peteği gibidir. Gözler çok iyi olmasa da sinek, komşu merceklerdeki görüntüleri karşılaştırarak, hareket ve şekilleri çok iyi bir şekilde tespit etmeyi becerebiliyor. Bir erkek, uçuş sırasında bir dişiye izleyip üstüne çıkabiliyor. Bu sistem, bir robotun engeller arasından yolunu bulup ilerlemesi için büyük bilgisayar ve karmaşık kameralara ihtiyaç olmadığını gösteriyor. Shimoyama, tekno-sinek gözünün bir fotoğraf makinası olarak da iş görebileceğine inanıyor. Bu da, boruların içinde muayene yapmayı kolaylaştıracak.

Basında yaygın spekülasyona göre, küçük kamera yüklü gerçek böcekler, depremlerde yığın altında kalan insanların yerini tespit edebilirler. Hatta belki de, casusluk işlerinde kullanılabilirler. Düşünün; teröristler bir binayı ele geçirmişler ve dışarı çıkmak için bir araba ve biraz para istiyorlar. Sınırları gergin beklerken, minyatür kameralı bir hamamböceğinin kapının altından girdiğini görmüyorlar. Kamera dışarıdaki polis kuvvetlerine görüntü gönderiyor. Yeterli bilgiye ulaştıklarında polisler baskın yapıyorlar.

Fakat, Shimoyama'nın kafasında bunlar yok. "Böceklerin bu tür uygulamalarda kullanılıp kullanılmayacağını bilmiyorum" diyor. "Bunu başkaları düşünsün". Kanzaki'yle birlikte robo-böcekleri ve suni sinek gözlerini mühendislerin basit böcek sinir sistemlerinden yola çıkarak gerçekleştirebilecekleri önemli buluşlar olarak görüyorlar. "Sonuçta insan yapımı mikro makinalar yaratmak istiyoruz. Robo-böcekler o yönde atılmış bir adım."

Hadfield, P., *New Scientist*, Mart 1997
Çeviri: Selda Ant