

Dünyayı Küçültecek Gelişme...

Mikromakineler

Günümüzde birçok alanda bir metrenin milyonda biri ölçüsüne göre hazırlanan ve sonuçta bir tırnaktan büyük olmayan küçük makineler insan adına herşeyi yapabiliyor. Mikro sistem adı verilen bu teknoloji, aşağı yukarı son yirmi yıldır hayatımızın en önemli

birimi haline geldi. Konunun uzmanları bu hızlı gelişmenin durmadığını; çok kısa bir zaman içinde yeni bir teknoloji devrimi daha yaşanacağını söylüyorlar.

MİKRO teknolojinin yarattığı makineler, birkaç bilimadaminin çalıştığı laboratuvarlarda güneşli bir bahar günü doğmadı tabii... Bu öyküye evimizde kullandığımız elektronik aletler ve bunların çok sayıdaki parçasıyla başlamak gerekir. Bu aslında binlerce yıl önce başlayan uzun bir yolculuğun öyküsüdür...

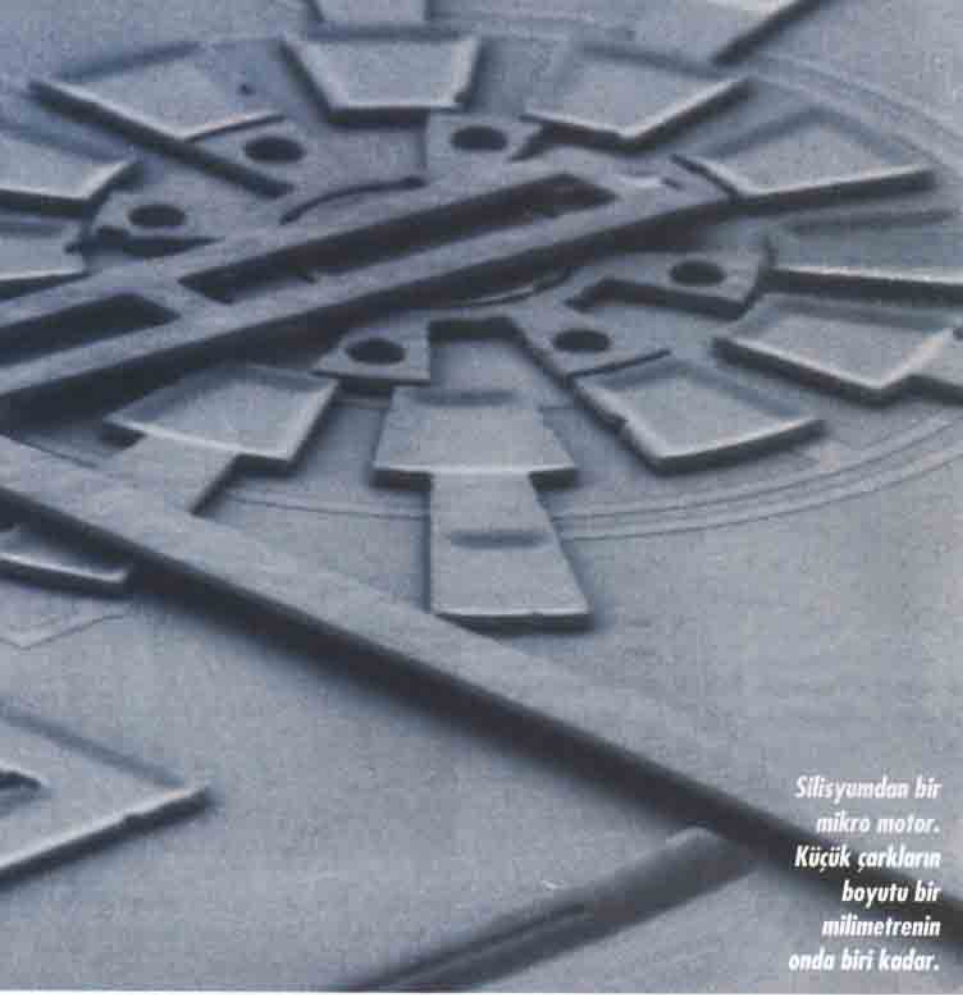
Binlerce demek belki ilk başta abartılı gelebilir, çünkü gerçek anlamda bir bilgisayarın ortaya çıkışından bu yana elli yıl ancak geçmiştir. Ancak, bilgisayarın ilkel atalarının milattan önce kullanıldığı bilinmektedir. Sayı saymak ve toplamak için ilk insanların kullandığı çakıl taşları, yani "calculi"; tahta veya metal çubuklara sıra sıra dizili küçük boncuklar yani "abacus"... Bu araçların ilk kez kullanımı beş bin yıl öncesine kadar uzanmakta.

M.S. 15. yüzyılda elektronikteki gelişmelerde önemli yeri olan saatçilikte de bazı atılımlar görüyoruz. Bu dönemde dev yapıtı, ağır mı ağır saatler kimi katedrallerin iç veya dış dekorasyonunda kullanılmaya başladı. Bunlar pratikte işe yaramasa da sadece saati değil gün, ay ve yılı, hatta yıldızların konumunu bile göstermekte; saat başlarında ise melekler, havariler ve benzeri motiflerden oluşan olağa-

nüstü bir gösteri sunmaktaydılar. İşte bu zamanlarda mekanik oldukça ileri adımlar atıyordu.

Tekniğin ilerlemesiyle 16. yüzyılda Tübingen Üniversitesi Uzaybilimleri ve Matematik bölümünden Prof. Schickard, gerçek anlamda hesap yapabilen ilk mekanik hesap makinesini geliştirdi. Ardından Blaise Pascal uzun bir uğraş sonunda ilk yarı otomatik hesap makinesini buldu. Derken, 17. yüzyılın son yarısında Leibnitz ortaya ikili sayı sistemini attı: Bu sayı sisteminde sadece iki rakam vardı ve tüm sayılar bunlarla ifade ediliyordu. Örneğin, 1 yine 1 iken, 2, 10; 3, 11; 4 ise 100 şeklinde yazılıyordu. Böylece iki rakam (daha doğrusu simge) ile her tür hesabı yapmak olanaklıydı. Kağıt üzerinde bu tür bir hesap yapıldığını düşünmek ise gerçekten ürkütücü. Bu sistemde en basit bir sayıyı yazmak bile çok zordu. Sözgelimi 17'yi 10 001 şeklinde yazmak gerekiyordu. İkili sayı sistemi günümüz bilgisayar teknolojisinde çok önemli bir kavram oldu. Bilgisayarlar sadece rakamları değil, harfleri, şekilleri, resimleri dahi bu biçimde şifrelemektedir.

Leibnitz'in sayılar üzerinde geliştirdiği ikili sistemi, tümce boyutuna uygulamayı ilk kez düşünen insan İngiliz Matematikçi Boole'dur. Ardından Falcon'lar, Babbage'ler derken,



Silisyumdan bir mikro motor. Küçük çarkların boyutu bir milimetrenin onda biri kadar.

neği oldu. İçerdiği elektrik devreleri, transistör ve amplifikatör acaba nasıl küçültür, nasıl hafifler ve bunların fiyatı nasıl düşürülebilirdi?

Sorular ve sorunlar vardı. Artık cevaplar aranıyordu. 1930'lu yıllarda arka arkaya yapılan denemeler, boyutu küçültmeyi ve ağırlığı düşürmeyi başarıyordu, ama fiyat gittikçe yükseliyordu. Üstüne üstlük bir de güvenilirlik sorunu ortaya çıkmıştı; üretilen aletler dayanıklı olmuyordu.

Bundan sonra henüz adlandırılmamış olsa da, bir mikro-bileşim düşüncesi iyiden iyiye ağır basmaya başladı. Önce seramik plaklar kullanıldı ve üzerlerine bazı bileşenler oturtulmaya çalışıldı. Daha sonra silisyum plaklarla denemeler yapıldı. Bir santimetre küplük alanda hemen hemen elli bileşen bulunabiliyordu artık... Bunlar azımsanamayacak başarılarıydı. Güvenilirlik derecesinin az da olsa yükselmesine karşın fiyatları hâlâ çok yüksekti.

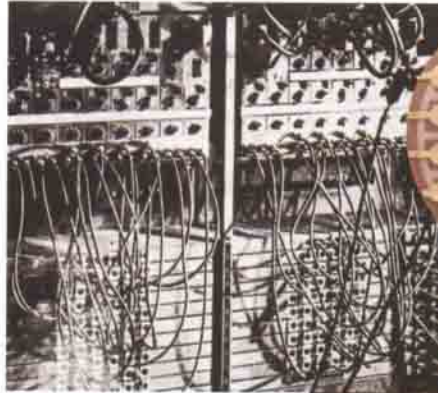
Yine de bu önemli bir adımdı; çünkü "çip"ler artık devreye girmişlerdi. Mekanik ve elektrikli dönemden sonra elektronik dönem başlıyordu ve bu sayede herşey çok hızlanacaktı.

Nihayet, 1960'lı ve 70'li yıllarda, "entegre devre" ile "geniş çaplı entegreler" (LSI) kavramlarının doğması ve "Silikon Valley"nin bulunması sayesinde binlerce devre tek bir silisyum çipe sığırdı. Örneğin bir bilgisayarda kullanılan aktif

Amerika'da Hollerith adında genç bir memur, elektrik ve mekaniği birleştirerek müthiş bir hesap makinesi üretmeyi başardı. Daha sonra da memuriyeti bıraktı ve "International Business Machines Corporation" (IBM) isimli bir şirket kurarak makinelerinin üretimine ve satımına başladı. Bu sıralarda tarih 1924'ü gösteriyordu.

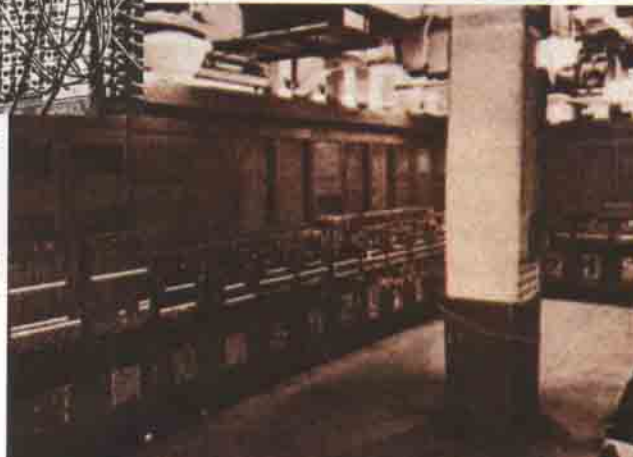
1938'de Konrad Zuse, Z1 adlı bir makine yarattı. Savaş nedeniyle yarım kalan Z1, hesap sonucunu bir dizi elektrik ampüllerinden oluşan bir sistem sayesinde alıyordu. Zuse'nin çalışmaları satım ve üretim aşamasında yetersiz kaldı ve Zuse, savaş sonunda sadece Münih Müzesi için bir numune oluşturabildi. Makine çok ilgi çekti ve çeşitli ülkelerdeki çalışmalar böylelikle oldukça hızlandı. Bu arada, IBM şirketi daha kullanışlı, daha güçlü hesap makineleri üretmeye devam ediyordu. Nihayet, 1944'te Harvard Üniversitesi'nde asistan olan Howard Aiken ilk bilgisayarı yaptı. Bu makine, sadece hesap değil, yazı ve kayıt boyutunda da birçok işlem yapabiliyordu. Ancak 15 metre boyu, tonlarca ağırlığı ve kulakları sağır edebilecek gürültüsüyle pek kullanışlı değildi.

Bu gelişim çizgisi bugün evimizde olsun işimizde olsun radyo, buzdolabı benzeri her tür elektrikli alet için geçerlidir. Ama bütün bu aletlerin ilki her zaman büyük, ağır, gürültülü ve oldukça da pahalıydı. Birçok işe yarıyorlardı ama üretimini ve satışını engelleyen bu dört unsur bir an önce ortadan kaldırmak gerekiyordu. Bu kaygı ilk kez 1920'lerde duyulmaya başladı. İlk önce radyo (en çok satılabileceği düşünüldüğünden olsa gerek) bu konunun de-



İlk bilgisayarlarda programlar, telefon santrallerinde olduğu gibi hatların değiştirilmesiyle oluşturuluyordu.

İşte 1946 yapımı bir bilgisayar daha doğrusu hesap makinesi; bugünkü hesap makinelerinin yaptığı işi bir futbol sahasını kaplayacak alanlarıyla bu dev yapılar yapabiliyordu.



eleman sayısı 10.000'den 500.000'e ulaştı. Sonuç: düşük maliyet, yüksek güvenilirlik, küçük boyut, düşük enerji... Amaca ulaşılmıştı.

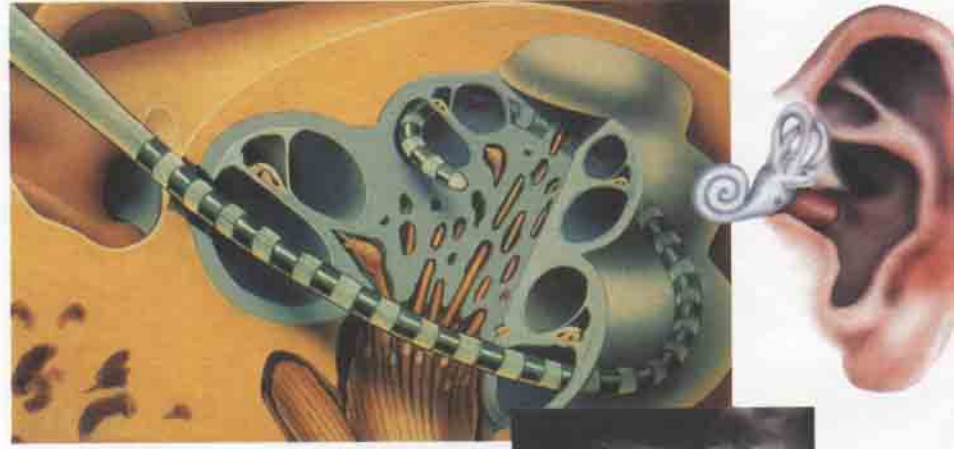
Gelişme devam ediyordu. Üstelik artık önü alınamayacak kadar hızlanmıştı. Yüzyılların birikimi, satım ve üretimi daha da hızlandırma ihtiyacının yanısıra daha kolay kullanım ve daha fazla alanda uygulama ihtiyaçlarıyla birleşerek mikro teknolojinin, daha doğrusu mikro sistem teknolojinin doğmasına neden oldu.

Mikroelektronikten Mikro Sistem Tekniğine

"Mikro sistem tekniği" terimi klasik "mikroelektronik" anlayışından aslında uzak. Mikroelektronik var olan makine ve aletlerin küçültülmesi ve kullanımının kolaylaştırılmasını amaçlamaktaydı. Mikro sistem tekniği ise, küçültülmüş boyutların yanısıra yeni işlev ve nitelikler getirme kaygısını taşımakta. Mikroelektronik, silisyum çiplerinin üzerine devre çizmeye dayanıyordu. Bu devrelerden de bilgiyi işleyen elektrik impulsları geçiyordu. Mikro sistemlerin tekniği ise bundan çok daha geniştir. Sadece bilgi işlem değil, doğrudan pompa, kaldiraç, vantilatör, robot gibi makineler, hatta mini boyutta bütün bir laboratuvar ya da bir fabrika bile bu alana girmekte. İşte, konunun uzmanları, mikro elektroniğin yarattığı harikalardan sonra bu nedenle, mikro sistem teknolojisini ikinci bir devrim olarak nitelendiriyor.



Bir mikro uyarı sistemi: Bu mikro kimya sensörü, atık sulara bulunan belirlenmiş zehirli maddelerin yoğunluğunu ölçmekte. Böylelikle çevre düşmanı maddeler hemen tanınabiliyor. Sistemin algıladığı veriler bilgisayara geçirilince, anında alarm bile verilebiliyor.



Görünmez duyma organı: Yapay bir salyangozun içkulağa yerleştirilmesiyle, sağırılar yeniden duyabiliyor. Kulak zarı yerine salyangozda bulunan 22 elektrotlu bir tel spiral, duyma sinirlerini uyarmakta. Elektrik impulsları küçük bir mikrofondan geliyor.



Bugün sadece elektronik alet olarak değil; tıp, kimya, fizik gibi genel bilim alanlarını da ilgilendiren çalışmalar yapan mikro sistem teknolojinin ürettiği makineler başımızın içinde, arabamızda hatta bir fabrikanın atık su düzeneğinde bile vardır.

Sözgelimi, 20 yıllık sağırılık öyküsünü, başın içindeki mikro mutlu sonuca ulaştırdı... Sonja bir trafik kazasının ardından her iki kulağında duyma yetisini yitirmişti. Sesleri dudaktan okumayı zaman içinde öğrenmiş ama kendi konuşması yıllar içinde nerdeyse tamamen yok olmuştu. Sonja bugün tekrar duyabiliyor. Hatta telefon bile edebiliyor. Sol kulağındaki hasar sadece içkulaktaki salyangozdan kaynaklanmaktaydı. Salyangozla duyu sinirleri arasındaki bağlantıda bir sorun yoktu. Duymasını sağlayan ise, salyangoza yerleştirilen, sesleri algılayarak sinirleri uyaran bir mikro sistemdi.

Benzer şekilde, arabadaki mikro sistem de kazalarda can kaybını azaltmaya aday görünüyor. Bir kaza düşünelim. Sürücü, kendi yolundan giderken tali yoldan bir gölgenin çıktığını farketti. Zaman o anda sanki durmuştu. Gittikçe yaklaşan aracın görüntüsü çok korkunçtu. Daha

korkunç olan, birkaç saniye sonraki kazaydı aslında... İki araç hızla çarpıştı. Acı fren sesleri, gürültü ve cam şangırtıları... Sürücü çarpmanın etkisiyle öne doğru fırladı ve sağlam ama sert olmayan bir şeyle karşılaşarak ona çarptı: bu bir hava yastığıydı. Minicik bir sensör, birkaç milisaniye önce, arabanın ani freninden kaynaklanan ikilemini farketmiş ve "bu bir çarpışmadır" yargısını çoktan vermişti. Hemen arkasından, direksiyonun içine yerleştirilmiş mekanizmayı harekete geçirmişti. Göz açıp kapayınca kadar yastığın içine hava dolmuş ve yastığı şişirmişti. Sürücü öne doğru fırlarken, sıkışmasını engelleyip onu kurtarmıştı.

Fabrikalarda ise; atık su borularının çıkışında, başparmak tırnağı büyüklüğündeki bir alet, saniyede hemen hemen bir düzine zehirli maddenin sayımını yapmakta ve bunları kaydetmektedir. Bu aletin içinde bulunan, toplu iğne başından küçük



sensörler, normal değerlerin üzerinde zehirli atık kaydettikleri zaman, birkaç dakikada alarm bile verebilirler.

İster yeraltı suyunda nitrat, ister yağmurda asit, ister atık suda zehirli maddeler söz konusu olsun, bir zamanlar odalar dolusu aletle yapılan bu tür sayımlar, bugün artık tek bir çiple hallediliyor. Daimler-Benz Araştırma Merkezi'nin geliştirdiği bu çipin bir transistörü özel şekilde hazırlanarak, incelenecek sıvıyla doğrudan temas geçebilecek ayrı bir tabakayla kaplanmış. Yalnızca belli bir çeşit iyon bu tabakaya dokunabiliyor. Bu şekilde iyonu algılayan çip sayıma geçiyor. Atık su borularının ağzında, farklı oniki iyonu algılayabilecek farklı tabakalardan oluşan, gömlek düğmesi büyüklüğündeki sensör, bu şekilde sayıyı gerçekleştirip gereken bilgileri ekrana yansıtıyor.

Bu verilen örnekler gerçektir. Şu aşamadan sonra, hayal gücü biraz zorlansa bile, tüm vücut yetilerini kaybetmiş bir insanın, bunları tekrar kazanabileceğini, trafik kazalarında, korumaya amacıyla kullanılan her şeyin yakında tamamen görünmez olacağını ve her türlü tehlikeye karşı koyabileceğini, fabrikaların tümüyle kendi kendine çalışan birimlerden oluşacağını söylemek hiç de abartı olmaz...

Tıpta Mikro Sistem Tekniği

Bu "akıllı makineler" yakında damarlarımızın içine yerleştirilip oralar da dolaşarak, örneğin bir şeker hastasının kanında düzenli ve hata oranı sıfır olan sayımlar yapacak. Bu sayım, daha önce fabrika atık sularında da değindiğimiz gibi, özel bir tabaka sayesinde olacak. Çipin üzerindeki tabaka sadece şeker iyonlarını algılaya-



bilecek. Ama sadece sayım yapmakla kalmayacak; içerdiği pompa ve diğer bileşenlerle kana, yine düzenli ve doğru oranlarda insülin verecek. Böyle bir implant doğal olarak kimyasal sensörlerden oluşacak. Yani elektronik ve kimya dalları mikro teknik alanında birleşecek.

Sayımla yapan bu tür makineler, ancak pompalarla bir bütünlük ve bir anlam taşıyabilir. Bu konuda, dünyadaki en küçük pompalar Münih Fraunhofer Enstitüsü tarafından oluşturulmuş. İlk defa 1992'de sundukları zar pompası, saniyede yirmibeş puls ile çalışmakta. 7 x 7 x 2 milimetre boyutundaki kutucuğunda dört tane silisyum çipi bulunmakta ve bileşenlerinden hiçbiri etkin bir hareket yapmamaktadır. 4 x 4 milimetre genişliğindeki bir zarın içine, örneğin insülin konulduğu zaman, yarım milimetrelik bir memeden, aşağı yukarı yetmiş mikrolitre ilaç kana karışabilmektedir. Bu miktar onbeş dakikada bir kahve fincanının hacmine denk gelecektir.

Benzeri bir biçimde Berlinli bir biyofizikçi olan Günter Fuhr tarafından çarklı bir toplama pompası yapıldı.

Bir değirmen çarkına benzeyen bu alet, ondan yüzbinlerce kez daha küçük olduğu ve sabit bir yere bağlı olmadığından, içinde bulunduğu sıvıda rahatça hareket edebiliyor. Hareketini, yönünü ve çarkın dönmesini, iğne biçiminde ve çapraz yerleştirilen elektrotlar sağlıyor. Bu bağımsız "askıdaki" biçim aşınmayı engelliyor.

Fuhr bu gezgin pompasında uyguladığı düşüncüyü hücreler için de kullanabiliyor. Onları teker teker yakalamanın yanısıra, elektrotları seri şekilde bağlayarak onları istediği yere de taşıyabiliyor. Fuhr'un şimdiki amacı, bu yolla, örneğin kimyasal maddelerin değişimini incelemek üzere, sistem dahilinde hücre kültürünün oluşmasını sağlamaktır...

Artık sadece şeker hastalığına değil, belli nedenlerden kaynaklanan körlüklere de iyileşme umudu görünüyor. Bugüne kadar tedavisi olmayan RP (Retinis Pigmentosa) hastalığı ile ilgili çalışmalar bunun örneği. RP hastalarının şikayetleri gece görme yetilerinin hızla azalmasıyla başlar. Sonra görme alanları daralır; dış dünyayı gitlikçe daralan bir tünelden bakıyormuş gibi algırlar. Hastalığın son aşamasında, genellikle 30-40 yaşları arasında körlük ortaya çıkar.

Dünyada hemen hemen yarım milyon kişi bu hastalığa yakalanmış durumdadır. Bu nedenle birçok yerde bu konudaki çalışmalar hız kazanmıştır. Tıp, RP'ye karşı yapay bir "ağ tabakası" oluşturmaya çalışıyor. Doğrudan insan gözüne yerleştirilebilecek bu tabaka binlerce foto hücresinden oluşuyor. En iyi olasılıkla bu ağ tabakası, milimetre karede 160.000 resim

Hava yastığı bir tek küçük sensörle harekete geçer. Şemada bu sensörün çalışma ilkesini görmekteyiz. Resimde ise orijinal bir model var. Ani bir hareket (fren, çarpışma) sonucunda ortadaki kısım öne doğru gelerek devre kapanır ve sistem işler. Sonuçta, yıldırım hızıyla yastık şişerek insan

yaşamını kurtarabilecek bir umut olur. Eski sensör ve üstte ondan 10 kez daha küçük olan yeni sensör.





İşte bir mikro teknik ürünün gerçek boyutu. Yanda duran ise bir dikiş iğnesi.

algılamakta. Işık edimini renklerle birleştiren tabaka, bunları elektrik pulslarına dönüştürüp, birkaç başka işleme tabi tuttukten sonra, bunları görme sinirleriyle beyindeki görme merkezine ulaştırıyor.

Mikro sistem uzmanları için bu konu silisyuma bağlı elektronikte optik dallarının bağlanması açısından ayrı bir yer tutmaktadır. North Carolina Üniversitesi'nden Tom Gray bu günlerde, 1024 resim algılayabilen bir mikro sistem çipi üzerinde çalışıyor. Göze yerleştirilen bu alettaki elektrotlar, sinirlere pulslar ileterek hasar görmüş ağ tabakasının yerini alabilecek. Bu şekilde hastaların "hiç olmazsa kitap okuma olanağına" kavuşacakları söyleniyor.

Mikro Sistemciler Ne Düşünüyor?

Berlin'deki Mikro Yapı Teknikleri Enstitüsü'nden Anton Heuberger ve Münih'teki Daimler-Benz Araştırma Merkezi'nden Walter Kroy "mikro sistem tekniği"nin isim babaları. Onlara göre, çipler, bugüne kadar olduğu gibi yalnızca hesap ve bilgi aktarma işlemleriyle uğraşmamalı; aynı zamanda "duymalı, görmeli, hissetmeli, dokunmalı ve tat almalıdır". Duyumlarını çözümleyebilmeli, gerekli aktarımları yapabilmeli, elde ettikleri sonuçlarla başka etkinlikler başlatabilmelidirler. Yani duyu organlarıyla hareket organları arasında bir bağ kurulmaktadır. Çipler, olguları gerçek olarak ele alıp harekette dökmeli, sensörük (algılayıcı) ve aktörük (harekete geçiri-

ci) olmalıdır. Bu yeni anlayışla en küçük alanda artık "çipteki sistem" çalışma özelliğine kavuşmuştur; başka bir deyişle mikro sistem teknolojisi oluşmuştur. Gelecekte ise, bu kavram diğer dallara da atlayacak ve başka bilim dallarıyla kaynaşacaktır: Mikrooptik, mikromekanik, mikroakustik ya da mikromotorik...

Somut bir örnek verelim: Bugünkü hava yastığı, ikinci kuşak adlı elektronik döneminin yarattığı bir mekanizmadır. Masa tenisi topu büyüklüğündeki madeni bir kutu içerisinde bulunan avuç içi kadar platin bir plaka elektronik işlemi yürütür. Yakında (üçüncü kuşak elektronikçiler sayesinde) tırnak büyüklüğüne indirgenecek olan bu mekanizma entegre mikro bileşenlerden oluşturulacak. Toplu iğne başı büyüklüğünde hızlandırıcı bir sensör, doğrudan tüm elektronik düzene, başlatıcıya ve hava deposuna bağlı olacak. Hareketli sensör, çarpmanın hangi yönden geldiğini bile anlayacak. Bu konuya olumsuz yaklaşanlara, bu tip hava yastığının üreticileri şöyle yanıt veriyor: "Hava yastığı zaten tek kul-

lanımlıktır. Çünkü hız ve çarpma ile doğru orantılı şekilde devreye girecektir. Söz konusu hız ve çarpma çok şiddetli olacağından arabayı tekrar kullanmak zaten olanaksız olacaktır. Yani, hava yastığının işi emniyet kemerinin yetersiz kaldığı çok büyük çarpışmada sürücünün sıkışmasını, vücudunun ezilmesini engellemektir".

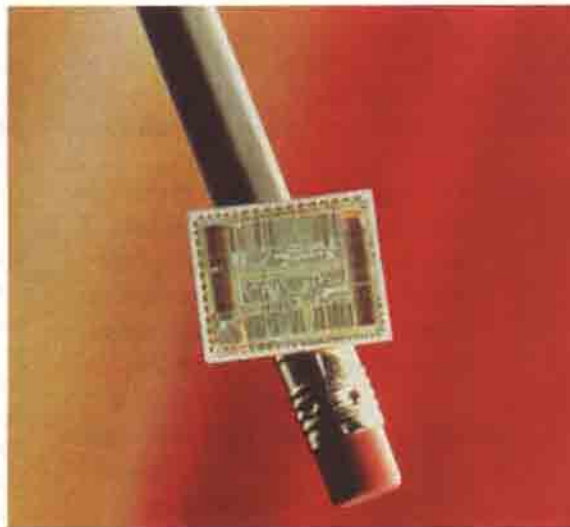
İşin Maddi Yönü

Bu küçük akıllı sistemlerin dünyaya pazarlarında da oldukça önemli bir yeri var. 1990 yılının raporları, Almanya'nın kazancını 13 milyar Mark olarak açıklıyor. 2000'li yıllarda bunun en az beş katına çıkacağı tahmin ediliyor. Bir anlamda zaten kazanç sağlama amacıyla başlamış olan küçültme hareketi böylece her anlamda başarı sağlamış oluyor. Araştırmalar halen büyük bir hızla devam ediyor. Japon Sanayi Bakanlığı MITI, 1991 yılında, yirmi şirketten oluşan bir gruba "mikro makineler" konusuna eğilmeleri için 500 milyon Mark tahsis etmiştir. Almanya'da Araştırma ve Teknoloji Bakanlığı, mikro sistemler için 1990 ve 1994 yılları arasında 400 milyon Marklık teşvik bütçesi ayırdı. Programın 94'ten sonra da devam etmesi öngörülüyor.

Daha Başka Neye Yarar Bu Mikro, Nereye Kadar Gider?

Mikro teknoloji çevre açısından da olumlu özellikler taşıyor... Daha az malzeme ve daha az enerji bir anlamda çevre korumacılığını desteklemekte. Bu da mikro makinelerin kullanımını artıran nedenlerden birisi.

Tabii, amaç sadece kullanımını artırmak ve kolaylaştırmak değil.. Hâlâ yeni alanlara, hatta yeni teknolojilere ulaşabilme rüyası sürüyor: Yapay kulaktan sonra yapay göz ve burun neden olmasın? Teknisyenler, çiplerin üzerinde mini lazer denemelerine başladılar



bile. Bunun yanısıra "nano" tekniğinin hayalini kurmaktadır. Bir nanometre, metrenin milyarda biri ve nano formatında bir sistem, mikro sistemin binde biri büyüklüğünde...

Bu boyutlara ulaşmak kulağa önce ütöpk gelse de, bilimadamlarının ve teknisyenlerin nano bilgisayarlardan, nano işlem malzemelerinden, nano sensörlerden kavram olarak bahsetmeleri bir abartı değildir.

Mikro ve Nano Bir İcat mı Yoksa Bir Keşif mi?

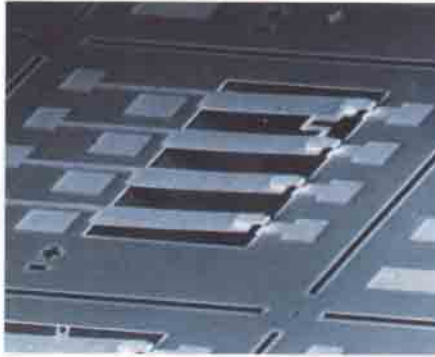
Böylesi küçük sistemler aslında yeni değildir. Doğada benzeri sistemler milyonlarca yıldan beri biyolojik değişim içinde mükemmel bir şekilde gerçekleşmiştir.

Örneğin, hiç sevmediğimiz kara sineğin kafasında, toplu iğne başı büyüklüğündeki beyin yanında, 3000'den fazla tek göz içeren iki koca "kamera" bulunmaktadır. Bu uçuş sistemi bugünkü uçakların bile erişemediği bir karmaşıklıktadır. Tavana konması ya da tehditkar bir elin üzerine doğru yaklaşması sırasındaki tepkileri biyoteknik açısından olağanüstü özellikler gösterir. Bir pilotun düşünmesi gereken hesaplanmış bir uçuş manevrası, hızın idaresi ve düzenlenmesi, üç boyuta göre uçuş yönünün belirlenmesi gibi önemli noktalar, bu sinek tarafından, saniyenin onda birinde hatasız biçimde gerçekleştirilmektedir.

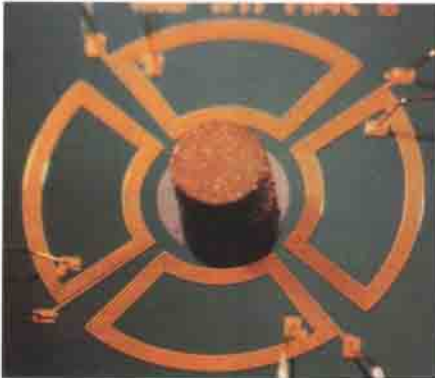
Sinek gözü, mikro teknik uzmanları tarafından ulaşılabilir bir bütünlük olarak kabul ediliyor. Hedef, sinek gözünde olduğu gibi tekil sensörlerin birbirlerine bir tür ağ ile bağlanması sonucunda bazı hareket ya da algılar elde etmektir. Biyomikro sistemler hasar gördüklerinde kendi kendilerini onarma özelliğine sahiptir. Ayrıca tümüyle hasar görmeleri halinde, çoğu durumda bir ikinci organları da vardır. Mikro sistem teknolojisinin böyle bir şansı olmadığı gibi biyosistemlerin gerektirdiği mekanik, optik, elektrik ya da kimyasal karmaşık yapı kombinasyonuna ulaşmaktan da oldukça uzak görünüyor...



Doğa dışı malzemeler kullanılıyor olsa da, yeni mikro sistem tekniğiyle doğaya yakınlaşma arzusu duyuluyor. Amaçlar arasında hafiflik hâlâ baş sırada yer alırken, hız da önem kazanmış durumda... Sözelimi uçaklarda mikro sistemlere uçuş bilgilerini, artık cam liflerin içinden geçecek olan akım ulaştırarak. Böylece, uçağın içinde ağırlık yapan kablolar maziye gömülecek. Bunun gibi onarım araç ve gereçleri, ev aletleri, tıbbi aletler de daha hafif, kullanımı daha kolay, ucuz ve güvenilir olacak.



Silisyum ve altından oluşturulmuş bir mikro anahtar, ısı sonucu metal şeritlerden biri eğilir ve devre kapanır.

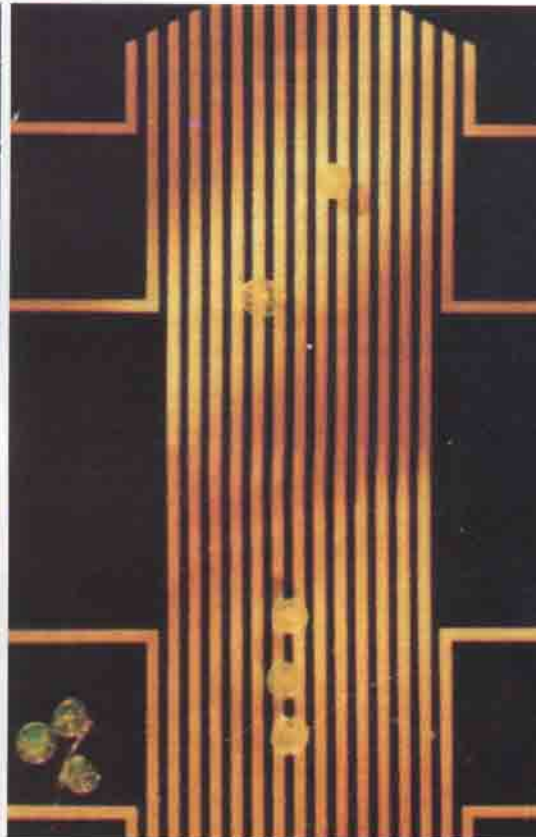


Mikro tekniğinde elektromotor gerçekleştirmek de olanaklı. 1.5 mm kalınlığında dönen bir rotor ile mıknatıs alanını oluşturan, telle sarılabir kısımdan, yani statorlardan oluşan böyle bir mikromotor, bir bilgisayar çipinin üzerine yerleştirilebilir.

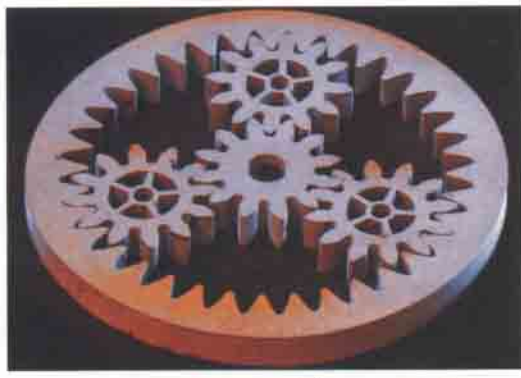
Mikro Teknik Mikro Makineleri Nasıl Üretiyor?

Mikro sistem tekniğinin ana yapı malzemesi silisyumdur. Silisyum, elektriğe ve mekanik birimlere karşı olumlu tepkiler gösteren, hafif, kolay ısı iletebilen ve ayrıca her alanda kullanılabilirliği ölçülmüş bir maddedir. Bunun için de, bugün en iyi bilinen ve en rahat kullanılan maddelerden biridir. Ayrıca, kelimenin gerçek anlamıyla bu madde "denizde kum" gibi çok... Çünkü silisyumdioksit olarak kum taneciklerinden dahi elde edilebiliyor.

Bu arada silisyumdan daha kaliteli bir maddeye de değinmek gerekir. Yüzyıllar boyu parlaklığı ve değeriyle insanlığı arkasından sürüklemiş olan elmas da artık elektronik dünyasına yavaş yavaş girmeye başlıyor. Özellikle mikroişlemci yapımında aslında silisyumdan çok daha iyi bir iletken



Mikro taşıma: Altın elektrotlara yüksek frekans alanları bağlanır. Canlı hücreler buna tepki gösterdiklerinden, elektrotlar boyunca hareket ederler. Resimde gördüğümüz yeşilimsi (ya da sarımsı) kürecikler tatlı su yosunlarıdır.



Bir uzay aracının içindeki 3 mm çaplı oldukça karmaşık bir mekanizma da silisyumdan ışınlama yöntemiyle elde edilebilir.

olan bu maddenin kullanımını engelleyen en önemli etken pahalılığı...

Silisyumdan, bu cümlelerin sonundaki noktadan biraz büyük üç boyutlu bir kesit elde etmek elbette çoğu kez güç bir iş. Mikroelektronik getirdiği teknikler bu safhada oldukça etkindir. Çünkü silisyum çipleri, tabakalandırma, ışınlama ve yakmayla kesiliyor.

Bu ve diğer tüm işlemler, belki de dünyanın en temiz, bakterisiz, mikropsuz ortamında gerçekleştiriliyor. Kapıdan girildiği anda, insanın kendisini bir bilim-kurgu filminde hissetmesi işten bile değil. Tepeden tırnağa astronotlar gibi giyinmiş bir sürü insan

Bilgisayar çipleri gibi mikro aletler son derece dezenfekte edilmiş ortamlarda üretilir. Bunun yanı sıra zehirli ve tehlikeli maddelerin, üretimin her aşamasında ve sonrasında, bu ortama zarar vermesini engelleyecek güvenilir düzenekler gerekmektedir.



Üç küçük tozcu, temizlik ve güvenlik engellerini aşarak devre hatlarında bir arzuya neden olmuş.



var burada... Araştırmacılar, bu ortama girmeden önce, son olarak bir hava duşu alıyorlar. Böylece üzerlerinde kalmış olabilecek en küçük tozlardan da arınmış oluyorlar. Yapışkan olan yer yüzeyi, ayakkabı tabanlarındaki son toz tanelerini de alıyor. Sigara kullananların bu odaya girmeleri yasak. Nefesleri ortama zarar verecek parçacıklar içeriyor. Sigara kullanmayanların elbise ve saçlarında bile iki milyar kadar görünmeyen toz parçacığı var. Bunlardan bir tanesi, üretim sırasında bir "wafer"ın üzerine gelirse silisyum diliminin kirlenmesine ve çipin erimesine neden olabiliyor. Bu minik yapılarda, bir saç telinin 50'de biri inceliğindeki böylesi bir toz parçacığı, yolun ortasında enlemesine duran bir TIR gibi tüm trafiği aksatır ve ciddi tehlikelere bile yol açabilir.

Cam gibi düz bir yüzeyi olan "wafer"ın üzerine devre çizme işi "optik taş baskı" diyebileceğimiz bir yöntemle yapılıyor. Önce işlenecek olan alan bir koruma tabakasıyla kaplanıyor. Çizilmesi gereken devreler

başka bir kalıba kopyalanıyor ve fotoğraf cilasıyla cilalanmış olan koruma tabakasının üzerine denk getiriliyor. Arka plandan yapılan ışınlama nedeniyle ışık görmeyen kısımlar eriyor. Kalan çıplak kısımlar da böylece işlenmeye hazır oluyor.

Ayrı ayrı sayısız birçok işlemden geçen sensör ve aktör nihayet biraraya gelme aşamasına ulaşıyor. Bu aşamada da bazı sorunlar ortaya çıkıyor. Yüksek verimde çalışan birkaç sensör aşırı ısı ürettiklerinden (bazen bir ütü kadar sıcak olabilirler) kimi zaman çatlayabilir ya da eriyebilir. Bu soruna bir mikro soğutucu çözüm oluyor. Tam olarak çipin üzerini kaplayabilen bu soğutucu gerektiği zaman devreye girip bileşenleri soğutuyor. Ancak bu, arabadaki vantilatör gibi kolaylıkla yerleştirilebilecek bir parça değil. Bu nedenle örneğin kişisel bilgisayarların içinde ilk yardım olarak oldukça gürültülü çalışan vantilatörler bulunur.

Bu gidişle Asimov'un "kan damarlarında yolculuğu" hayal olmaktan çıkacak gibi görünüyor. Gözlemciler geleceğe şöyle bakıyorlar: Bir mikro motorla çalışan, yarım kibrit uzunluğundaki robot yavaş yavaş damarlarında hareket edecek. Saç teli kalınlığındaki türbin onun doğrudan kalbin ön kapakçığına gelmesini sağlayacak. O sırada ana gövdeden ayrılan küçük robot damarın tıkanıdığı yeri bulacak ve minik fırçalarla damar yüzeyini fırçalayıp temizleyecek. Kısa bir süre içinde kan, yine normal akışına devam edecek. Küçük robot tekrar ana gövdeye bağlanacak. Böylece hep beraber, doktorun küçük bir yarıkla kendilerini kan damarına gönderdiği yere doğru geri dönecekler.

Bunlar heyecanlı bir polisiye romanın bölümleri değil, her an gerçekleşebilecek bilimsel bir devrim. Örneğin uçaklar ancak bu yeni teknikler sayesinde ya sorunlarını kendi kendilerine halledecekler ya da ekran vasıtasıyla dertlerini anlatacaklar. Peki bu bize ne kazandıracak? En başta zaman... Bunun günümüzde ne derece önemli olduğunu ise artık tartışmaya bile gerek yok.

Deniz Kırmsoy Kucur

Kaynaklar
Breuer, R., "Wie Mikromaschinen die Welt Verändern Sollen", PM, Ağustos, 1993
de La Taille, R., " Mikroprocesseur en Diamant" Science & Vie, Ekim 1990
Vallant, R., Les Ordinateurs Domestique, Paris, 1992