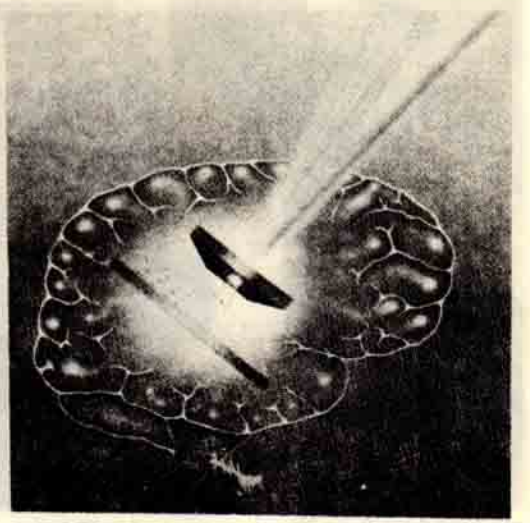


LAZER IŞIĞINDA YAPAY ZEKÂ

Yarının bilgisayarları nasıl işleyecek?
Günümüz araştırmaları nasıl bir yol
çiziyor?

Paul TISDALL



Ottawa'daki Kanada Ulusal Araştırma Konseyi'nde (National Research Council) de çalışan 53 yaşındaki fizikçi Szabo, 15 yıldır sürdürdüğü "katıların lazer spektroskopisi" alanında ki çalışmalarının yan ürünü olarak, on yıl içinde bilgisayar sanayisinde tam bir devrim yapabilecek ve milyarlarca dolarlık değerde bir iş alanı yaratabilecek tekniği de geliştirmiş ve patentini elde etmiştir.

Yazar Arthur C. Clarke, 1968'de yazdığı 2001: A Space Odyssey (2001: Bir Uzay Yolculuğu Destanı) adlı klasiginde, yaptığı bir yanlışlıktan ötürü beyninin bir kısmı çıkarılmadan önce, astronotlarla akıcı konuşmalar yapan ve Hal adı verilen bir bilgisayarı anlatmıştı. O zaman, böyle bilgisayarların 30 yıl içinde kullanılabileceği yolundaki Clarke'in öngörüsü çok iyimser bulunarak bırakılmıştı. Fakat yapay zekâ ile ilgili son araştırmalar, Clarke'in gerçekten haklı olabileceğini düşündürüyor. Önceki bilgisayarlar yalnızca sayılarla çalışmıştır. Bununla birlikte, bugün bilgisayarlar konuşmayı dinleyip bunu yazılı metin haline dönüştürebiliyorlar. Bu "sayısal - olmayan işlem" bile, en temel düzeyde yine de sayıları kullanıyor. Fakat yarının beşinci kuşak makineleri, kullananları için matematiksel köleler olarak görünmeyeceklerdir. Böyle makinelerin düşünmeleri, öğrenmeleri ve milyarlarca işlemi inanılmaz yüksek hızlarla yapmaları istenecektir. Bu makinelerin yetenekleri, konuşulan dilleri anlama ve tercüme etme, haritaları, fotoğrafları ve elyazılarını okuma işlemlerini kapsayacaktır.

Japonya'nın Amerika'yı geçmesi korkusu ile, Birleşik Amerika Savunma Bakanlığı Ocak 1983'te askeri uygulamalar için beşinci kuşak bilgisayarlar geliştirmek üzere, beş yıl süreli 600 milyon dolarlık bir programla yarışa girdi.

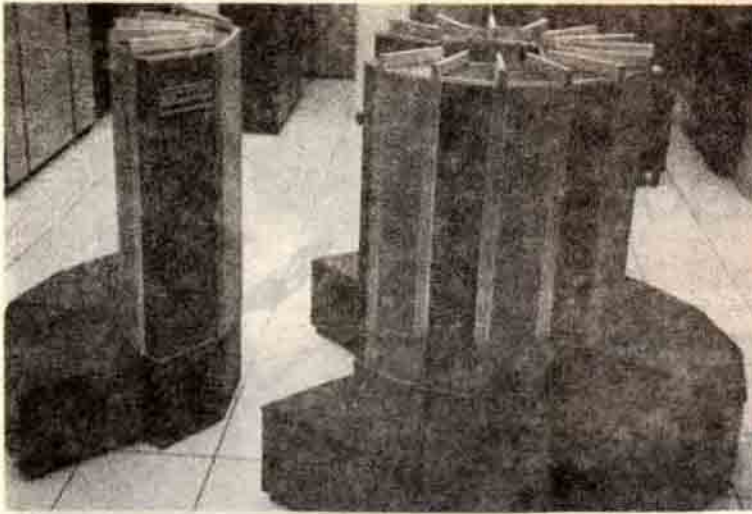
Japon ve Birleşik Amerika bu araştırmacılar, beşinci kuşak bilgisayarların, "koşut süreçli" ya da "paralel işlem" denen

yeni bilgisayar yapısına dayandığı konusunda anlaşılıyorlar.

Koşut işleminin öncüsü, usta Amerikan bilgisayar yapımcısı Seymour Cray'dir ve koşut işlemi, onun en yeni süper bilgisayarlarına kısmen girmiştir. Gerçekten, Kanada'daki tek süper bilgisayar, merkez hava tahmin bilgisayarı olarak Şubat 1984'te Montreal'de törenle açılan 15 milyon dolarlık Cray-1'dir. Hava tahmini için yer atmosferinin modelini yapmak, klasik bilgisayar problemlerinden biridir ve koşut işlemi gücünün kusursuz bir kanıtını sağlar. Tahmin modellerinde, yer atmosferi dev bir üç-boyutlu ızgara olarak bölmenilir. Veriler, ızgara çizgilerinin kesiştiği noktaların her biri için toplanır; sonra koşut işlemciler, *moreli* zamanla ileriyeye götürmek ve havayı öngörmek üzere, bu veri noktalarının her biri için benzer hesaplamalar yaparlar. Hesaplamaların sayısı, akıl durdurucudur. Cray-1'in saniye başına 50 milyon aritmetik işlemlik yıldırım hızında bile, 10 günlük bir hava tahmini bilgisayar zamanının yedi saatini alır ve 10²⁰ kadar hesaplama gerektirir.

Böyle süper bilgisayarların bugüne kadarki en gelişmiş tasarımları sergilemesine karşın, bunlar da yine temel bir yapı kullanırlar; bu yapıya, yalnızca benzer verilerin koleksiyonları için benzer aritmetik işlemler yapabilen basit koşut işlemci sıraları tutturulmuştur. Beşinci kuşak bilgisayarı ve yapay zekâ yetenekleri sağlamak üzere, elektronik bilgisayarların koşut işlemeyi tam olarak yerine getirip getiremeyeceği çok çekişmeli bir konudur.

Tam koşut işleminin karmaşıklıklarının elektronik devrelemeye dayanan bilgisayarlar için başa çıkılmaz sorunlar getirebileceğini ve ışık demetlerinin devrelerin yerine geçtiği optik bilgisayarların böyle ileri yetenekleri bir araya toplama uygun tek yol olabileceğini ortaya atan birçok uzmandan biri de Dr. Szabo'dur. Dr. Szabo'ya göre, kendi buluşu olan güçlü optik bellek, optik bilgisayarların başarısının ilk



Kanada'nun, Montreal-Quebec'deki süper havatahmin bilgisayarın. Dünyanın en leri "dördüncü kuşak" bilgisayarlarından biri olan Cray-1'in, kendisine aşırı hızlı bellek ve işlem yapma gücü veren geniş-öçeği-tümleşik aygıtları vardır. Alex Szabo'nun daha hızlı ve daha geniş bellekler için yapmakta olduğu çalışmanın kullanım alanı, herhalde, yapay zekâ gösterebilecek "beşinci kuşak" bilgisayarları olacaktır.

açık kanıttır ve koştur işleme yapısının gerektirdiği biriktirim kapasitesini sağlayabilir.

Dr. Szabo'nun buluşu, maddenin ve ışığın temel fiziksel özelliklerine dayanır. Çoğu kimse, prizma ile yapılan ve güneş ışığının görünür spektrumunu oluşturan renklerin veya frekansların (10^{15} Hertz yakınılarında merkezlenmiş) gökkuşağını kapsadığını gösteren lise deneylerini anımsayacaktır.

Işık ve maddenin etkileşimi, atomik düzeyde daha karmaşıktır. Bir atomun, kesikli yörüngelerde veya enerji düzeylerinde bulunan elektronlarla kuşatılmış bir çekirdekte oluştuğu düşünülebilir. Bir elektrona tam doğru miktarda enerji verilirse, elektron, süreçteki uyarıcı enerjili soğura-

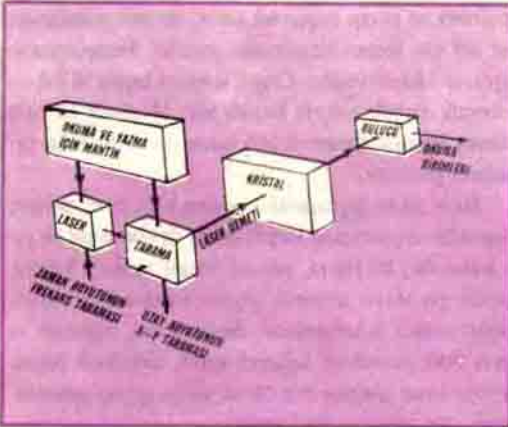
rak, daha yüksek bir enerji düzeyine atlayacaktır. Fakat bu elektron, daha yüksek enerji düzeyinde kararsızdır. Elektron, kendi taban durumuna veya başlangıç enerji düzeyine geri düştüğünde, soğurduğu enerjili ışık biçiminde geri verir. Bu ışığın tam frekansı, bu iki enerji düzeyi arasındaki farka bağlıdır. Bu olayın günlük yaşamımızdaki örneğini görebileceğimiz flüoresan lambalarda elektrik enerjisi, elektronları daha yüksek bir enerji düzeyine çıkarır ve elektronlar geri düştüklerinde ışık yayınlırlar.

Dr. Szabo'nun optik belleği, elektromanyetik spektrumun ve atomik soğurma ve yayınlamanın bu temel fiziksel ilkelerine dayanır.

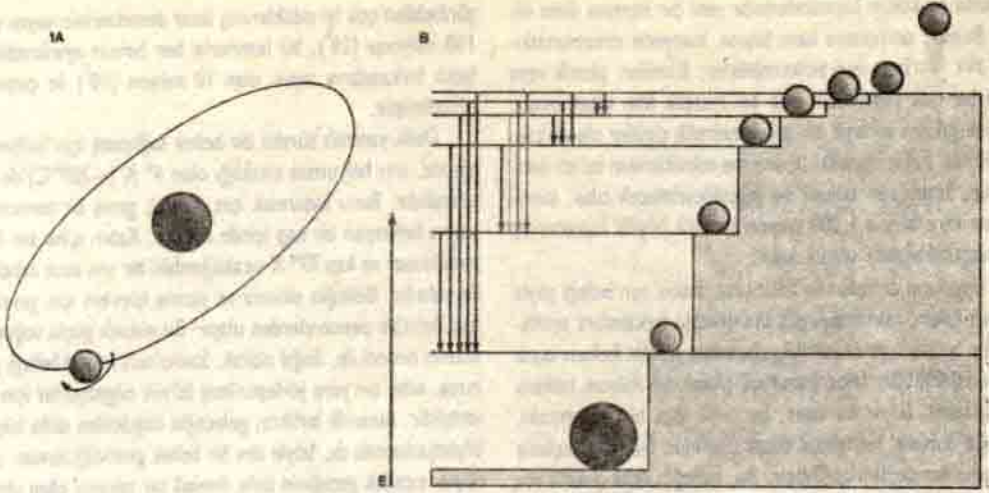
Dr. Szabo'nun düşüncesinin temelleri, 1960'lı yıllar boyunca, lazerler konusunda ilk öncü çalışmaların çoğunun yapıldığı Birleşik Amerika'daki Bell Laboratuvarı'nda (Bell Labs) atılıştır. Lazer, uyumlu veya eşevreli, tek frekanslı ve şiddeti yüksek bir ışıktır. Bir lazer ışığı, içinde arı bir gaz, örneğin hidrojen bulunan bir kaba gönderilirse, gaz moleküllerinin seçimli bir sınıfının, hemen dar frekanslı bir ışık yayınlamağa başladıkları, Bell Labs'da bulunmuştu. Gazın yayınladığı bu lazer ışığı, hız vektörleri aynı olan gaz moleküllerinden oluşur.

Gerçekte gaz atomlarının içinde olanlar, lazernin tam doğru enerji miktarını sağlaması ile, seçimli bir hız vektörü olan atomlardaki elektronların daha yüksek bir enerji düzeyine geçmeleridir. Bu elektronlar kendi taban durumlarına geri döndükleri zaman, bu enerjiliyi ışık olarak salırlar.

1960'lar boyunca Bell Labs'da yapılan çalışma, lazerin gazlarla etkileşmesinin anlaşılmasını sağladıysa da hiç kimse 1970'e dek katıllarla benzer deneylere girişmedi. Bu tarihte Alex Szabo, atmalı bir yakut lazerinden çıkan ışığı bir yakut kristaline düşürdü ve ortaya çıkan flüoresansı gözlemlledi. Böyle deneyler daha önce yapılmamıştı, çünkü kuramsal çalışmalar fizikçileri, gazlarla elde edilen sonuçların katıllarda



Beşinci kuşak bilgisayarlarda kullanılacak olan biçimi ile, kristal bellek. Bilgisayarın oku-yaz mantığının altındaki küçük bir lazer, küçücük alanları kendi ışığı ile doyurarak, bellek kristalini tarar. Bu yazma işlevidir. Okuma işlevidir için, lazer bu kristali yeniden tarar; doymuş bir alan veya "delik" lazer ışığını geçirir, oysa doymamış alanlar geçirmez.



Bir elektron, bir atomun çekirdeğini kuşatan belirli bir yörüngede dolunur (A). Atom ısınarak, ışık veya elektriksel türden enerji alarak, elektron daha yüksek bir yörüngeye geçer. Sonra, görünür ışık veya görünmez ışınım biçiminde enerji vererek, daha alçak bir düzeye düşebilir (B). Dr. Szabo'nun çalışmasında, kristallerdeki "delik yanmaları" farklı enerji düzeyleri arasında oluşur.

elde edilemeyeceği vargısına götürmüştü. Yaygın olan bilimsel inanışa uygun olarak, bir lazerin iyice - odaklanmış enerjisi bir kristalin içine gönderildiğinde, frekanslar dağılacaktı ve yalnızca bir geniş-kuşak flüoresansı gözlenecekti.

Dikkatli incelemelerden sonra Szabo, geleneksel bilimsel kanının yanlış olabileceğine ve deneyin girilmesi değer olduğuna karar verdi. Kendisi, "bunun çok güç olduğunu" anımsıyor ve şunları anlatıyor: "Yakut ışığının çakma süresi olan bir milisaniyede tüm deneyi yapmak gerekiyordu. Fakat işlerin ilk yapıta iyi gitmesi, beni sevindirmeğe, şaşırtmağa ve korkutmağa yetti (çünkü bilimsel çalışmaların alışılmış gidişi böyle değildir). Çılgın gibiydim; çünkü deney tam düştüğüm gibi işlemişti. Yakut lazeri, çok yakın iki frekans-



Bir tümleşik deure paket sınaması.

ta çalışıyordu. Lazeri yakut parçasının üzerine çıktığı zaman, lazerin durmasından birkaç milisaniye sonra flüoresans gözleniyordu ve iki frekans da yeniden ortaya çıkıyordu. Başka türlü söylenirse, her frekans özel bir iyon sınıfını uyanyordu."

Bu gözlem Szabo'ya aşırı yüksek çözme güçlü renkli fotoğraf benzerliğini düşündürdü. Tıpkı bir fotoğraf kartı üzerine renklerin kaydedilmesi gibi, yakut da, ışığın çok dar ve yakın iki frekansını toplayabiliyordu. Bundan başka Szabo, elektronların uyarılmış durumda bulunduğu deneylerde, aynı frekanslı lazer atmaları için, yakutun saydam olduğunu da buldu. Yakut, ışığı soğurmak yerine, onu geçiriyordu. Olay, büyütücü bir mercekle odaklanan güneş ışığı ile bir kâğıt parçasını yakarak delik açmak ve sonra ışığı bu delikten geçirmeğe benzer. Szabo, tam yerinde olarak, bu olaya "optik delik yanması" adını vermiştir. Bir fotoğraf filmi, gerçekten kaba bir bellek türü olduğuna göre, buna benzer; fakat delik yanması ile yapılabilmemiş olan aşırı yüksek çözme güçlü belleğin, güçlü ve incelikli bir bilgisayar belleği yapmak için kullanılabileceğini düşünmüştür.

Szabo nun düşüncesinin tümüyle devrimsel olan kısmını anlamak için, bu yeni belleğin sağlayabildiği biriktirim kapasitelerini, geleneksel bilgisayar belleklerinininkilerle karşılaştırmak öğretici olacaktır. Önceleri bilgisayar verileri, genel olarak kartlarda, santimetre kare başına yaklaşık dört birim olmak üzere, zımbalanmış delikler olarak biriktiriliyordu. Gitgide bu sistemin yerini, aynı büyüklükteki alana birkaç yüz bin birim toplayabilen manyetik bantlar ve diskler aldı. Geçen iki yıl içinde, video disklerin katılması ile, bel-

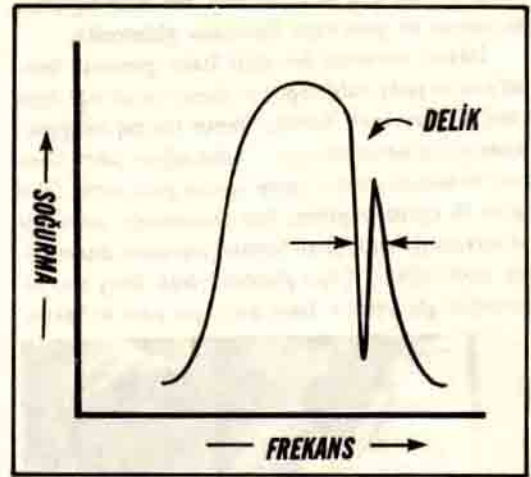
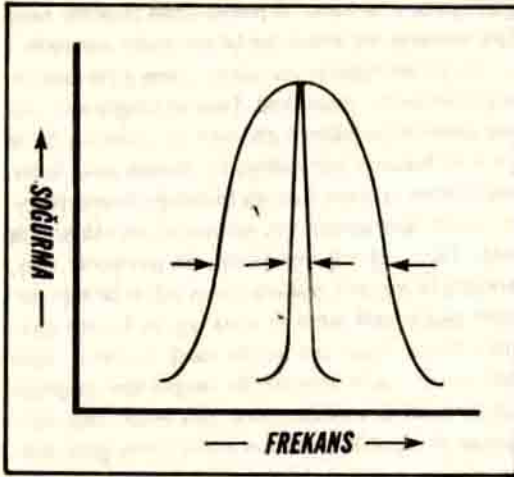
leklerin biriktirim kapasitelerinde yeni bir sıçrama daha oldu. Bunlar, santimetre kare başına, manyetik ortamlardakinin yüz katı fazla veri biriktirebilirler. Birimler, plastik veya cam bir disk üzerindeki ince bir metalik film tabakasında, lazerle yakılan yaklaşık bir mikrometrelik çizikler olarak kaydedilirler. Fakat, şimdiki biriktirme tekniklerinin bu en ilerisi bile, Szabo'nun buluşu ile gerçekleştirilecek olan, santimetre kare başına 1.000 trilyon birimlik büyük kapasite ile karşılaştırıldığında sönük kalır.

Uygulama terimleri ile anlatılırsa, Szabo'nun belleği şöyle çalışır: İşlem, inanılmazı güç kesinlikteki frekanslara ayarlanabilen bir lazer gerektirir (Uygulamadaki şimdiki frekans sayısı sınırı 10.000'dir; fakat kuramsal olarak 10 milyon frekans olanaklıdır). Böyle bir lazer, bir renk veya bir frekanstaki, örneğin kırmızı bir kristal dilimi üzerinde bulunan seçilmiş bir benekler dizisini aydınlatır. Bu, belleğin delik-yakma veya yazma işlevidir. Işık duyuçuları kristalin arkasındaki başka bir yüzeye dizilmişlerdi. Sonra, belleği okumak için, aynı kırmızı renkteki bir projektörle tüm dilim aydınlatılır. Işık yanmış deliklerden geçer; fakat kristal üzerindeki öbür yerler ışığı geçirmez. Aynı işlem, aynı kristal üzerindeki farklı desenler için başka renklerle, yeşil vb. ile yapılabilir. Böyle bir belleğin santimetre kare başına 1.000 trilyon (10^{15}) çokluğunda birim biriktirebileceği düşüncesi, bir santimetre kareye dü-

şürülebilir çok iyi odaklanmış lazer demetlerinin sayısı olan 100 milyonu (10^8), bu lazerlerin her birinin ayarlanabildiği farklı frekansların sayısı olan 10 milyon (10^7) ile çarpılarak türetilmiştir.

Delik-yanmalı sürekli bir bellek sağlamak için kullanılan madde, sıvı helyumun sıcaklığı olan 4°K (-269°C)'de tutulmalıdır. Bunu başarmak için, kristal, geniş bir termos şişesine benzeyen bir kap içinde tutulur. Kabin içine sıvı helyum konur ve kap 77°K sıcaklığındaki bir sıvı azot tabakası ile yalıtılır. Belleğin okuma ve yazma işlevleri için gereken ışık, kristale pencerelerden ulaşır. Bu yüksek güçlü soğutma sistemi nedeni ile, doğal olarak, Szabo'nun kristal belleği yalnızca, sabit bir yere yerleştirilmiş büyük bilgisayarlar için elverişlidir. Bununla birlikte, geleceğin öngörülen daha küçük bilgisayarlarında da, böyle dev bir bellek gerektiği zaman, çok düşük sıcaklık gereğinin öyle önemli bir sakınca olup olmayacağı belli değildir.

Szabo'nun 1970'deki, kristallerin dev miktarlarda bilgi biriktirebileceği biçimindeki buluşu, geleneksel bilimsel kanıya ters düşerek, bilgisayar tasarımları ile ilgili içermeleri bakımından tümüyle devrimsel nitelikte oldu. 1972'de Kanada'da ve Birleşik Amerika'da, delik-yanmalı belleğin patentini almak için girişimde bulundu ve 1975'de elde etti. Bu sırada, delik-yanmalı bilgisayar belleğinin uygulamaya geçiril-



Bir bellek kristali için ışık soğurumunun, ışık frekansının fonksiyonu olarak çizimi çok sayıda keskin "tepelere" veri; bunlardan biri, çok büyütülmüş olarak ortada gösterilmiştir (Gerçek bir kristalin milyonlarca tepesi olabilir). Tüm soğurma tepelerinin üstlerini birleştiren "zarf eğri" bilinen çan eğrisidir (Solda).

Bir lazer, özel bir ışık frekansı ile bellek kristalini aydınlattığı zaman, kristal ışığı soğurur. Kristal soğurduğu enerjiyi yeniden ışığıncaya dek, bu dalgaboyunda başka ışık soğuramaz: doymuş'tur. Gerçekten, zarf eğrisinin altındaki tepelerden biri, grafik üzerinde bir delik olarak gösterilen yeri bırakarak, ortadan kalkar. Böyle doymuş bir alan, bir mikron (0.001 mm) kadar küçük bir yer tutar. Çoğu kristaldeki deliklerin "kendi kendilerini" bir saniyenin çok küçük bir kesrinde silmeleri'ne karşın, şimdi araştırmacılar, bu frekans delikleri'nin sonsuza dek kalacakları maddeler geliştirmişlerdir. (Sağda).



Dr. Alex Szabo: Düşünen bilgisayarların yapımcısı.

mesinde, görünüşte başa çıkılmaz gibi görünen engellerle karşılaşıldı.

En önemli sorun, belleğin yenilenmesiydi. Delik-yanması, elektronların kendi taban durumlarına atılmalarından sonra, ancak 4 milisaniye sürüyordu. Böylece, belleğe her 4 milisaniyede bir yenilemek için bir yöntem bulunması zorunlu görünüyordu. Gerçekten, geleneksel RAM (random access memories, gelişigüzel girişli bellekler) bilgisayarları, böyle aralıklarla yenileniyordu. Fakat Szabo'nun gerçekleştirdiği 4.000 trilyon birimlik bir belleği yenilemek, öyle çok güç harcayacaktı ve yapılabilmesi kolay olmayan öyle karmaşık bilgisayar donanımı gerektirecekti ki, bu durumda yapılması gereken, sık sık yenileme gerektirmeyecek biçimde, uzun-süren veya kalıcı delik-yanmalı bir bellek bulgulamaktı. Fakat, elektronların kaçınılmaz olarak kendi taban durumlarına dönmeleri ve böylece belleği silmeleri gerçeği, bu çözümü de engelleyecek gibi görünüyordu.

Bu problemin kolay çözülemeyen görünmesine karşın, ta 1974'te Rus bilimcisi Karl Rebane, yaptığı deneylerle, kalıcı delik-yanmasının tam tamına yapılabilir olduğunu ileri sürmüştür. Daha sonra, Birleşik Amerika'daki bir şirkette çalışmaya başlayan ve paraca iyi desteklenen bir ekip, uzun süren delik-yanmalı bir bellek geliştirme probleminin üstesinden gelmiş ve onu çarpıcı bir biçimde çözümlenmiştir.

Bu araştırmacılar gerçekten uzun-süren ve yenilenme gerektirmeyen delik-yanmalı bellekler sağlayan organik maddeleri, özellikle polietilen türevlerini bulgulamışlardır. Bundan başka, bu maddeler yalnızca yenileme sorununun üstesinden gelmeyi, silinemez bir bellek de sağlamışlardır. Silinemezlik, bir bilgisayar belleğinde özellikle aranan bir niteliktir;

böylece biriktirme ortamı tekrar tekrar kullanılabilir.

Bu yeni maddelerde atomik düzeyde olagelen olaylar şunlardır: Uyarılmış elektronlar, daha yüksek enerji düzeylerine ulaştıkça, kristal örgüdeki atomların değişik bir biçimde yerleşmelerini (konfigürasyon değişikliğini) sağlarlar. Elektronlar kendi taban durumlarına döndükleri zaman, atomları yeni şekillenimlerini korurlar. Böylece, bir benekteki delik-yanması, başka beneklerde yeni frekansların ortaya çıkmasına neden olur. Bu yeni frekanslar bilgi biriktirme için kullanılabilirler. Bellek, yeni benekleri lazer ışığının deneysel olarak belirlenmiş bir frekansı ile aydınlatarak silinir, böylece kristal, kendi başlangıç biçimine döner.

Szabo'nun kristal belleğinin karşılaştığı öbür ana sorun, ayarlanabilir lazerlerle ilgiliydi. Bunlar hantal, pahalı, enerji tüketen ve özellikle değişken özelliklerdeydi. Bu lazerlere bağımlı bir bilgisayar belleği hiç de kullanışlı değildi. Şimdi bu sorun, Bell Labs'da geliştirilmiş olan ve C³ lazerleri denen lazerlerle giderilmiştir. Bu ayarlanabilir yarı iletken lazerler basit, küçük, enerji etkin ve oldukça ucuzdurlar (başka deyişle, kullanışlı bir delik-yanmalı bellek için hemen hemen idealdirler). [c³ (c-küp) lazerler, c ile başlayan cleaved, coupled, cavity - bölünmüş, bağlanmış, kovuk terimlerini simgeler].

Szabo, kristal belleğin başlıca problemlerinin ya çözülmüş ya da çözümüne yaklaşılmış olmasından mutludur, ve "bu bellek, geleneksel belleklerden bir milyon kat daha büyük olacaktır ve bilgisayar oyununu tümüyle değiştireceği kesindir." demektedir. Szabo, böyle bir bellekteki maddenin bir santimetre karesine biriktirilebilecek olan 1.000 trilyonluk birimin, tüm insan beyninin hesaplanmış olan 100 trilyon birimlik kapasitesini geçeceğini belirtmektedir. Ayrıca kristal bellekli bilgisayarların ileride insanlarca programlanmasının olanaksız olacağını da öngörmektedir. Bu bilgisayarların doğru bir algoritma öğrenme veya kendini-programlama yeteneklerinin geliştirilmesi gerekecektir. Szabo böyle bilgisayarların, yapay zekası ve deneyimle insanlar gibi öğrenme yeteneği olan makinaların ilk doğru örnekleri olacağını söylemektedir. Kısacası, Szabo'nun belleği beşinci kuşak bilgisayarların gelişmesine yalnızca yardımcı olmakla kalmayacak, yapılabilmeleri için gerekli bir malzeme olacaktır.

Araştırmacı Alex Szabo kendi başına, Amerikan şirketindeki araştırmacılar ise güçlü bir ekip olarak, kristal bellek konusundaki çalışmalarını sürdürüyorlar.

Science Dimension'dan çev.: Dr. Hanaslı GÜR

Zaman zaman övgüden hoşlanmadığımızı sanırsanız, oysa hoşlanmadığımız övgünün kendisi değil, övülme biçimidir.

la ROCHEFOUCAULD