

# İŞIKLI BİLGİSAYAR

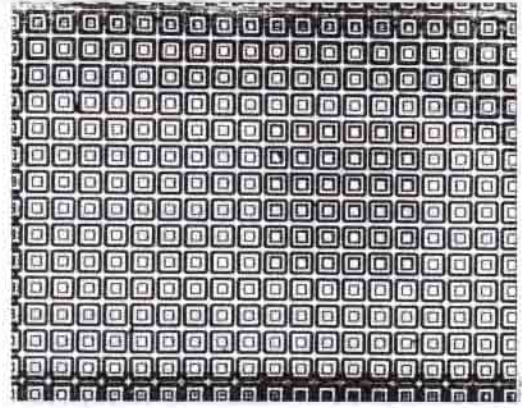
- Bugün bilgisayarlarda sayısal elektronik yararlanıyoruz. Ancak, veri işleminin tek yolu bu değildir. Bilgiler, ışık ışınlarından yararlanan optik araçlarda da işlenebilir. Otuz yıldan beri ışık yoluyla hava radarından alınan sinyaller, yerin görüntülerine çevrilebilmektedir. Optik işlemciler aynı zamanda, yüksek frekans tayfını analiz etmekte, resimleri berraklaştırmakta ve çeşitli cisimlerden yansıyan radar görüntülerini karşılaştırmaktadır.

**Jeff HECHT**

Optik devrelerin çekici tarafı, daha hızlı oluşları ve verileri paralel olarak işleyebilmeleridir. Elektronik anahtarlar, en hızlı çalışan optik anahtarlardan daha yavaştır. Ancak; elektronik devreler için daha önemli bir hız kısıtlaması, elektronların bir noktadan diğerine geçerken harcadıkları zamandan dolayı ortaya çıkmaktadır. Işık; havadan ve optik elyaftan (fiber optikten) geçerken, tellerden akan elektronlardan daha hızlı hareket eder. Üstelik ışık, iki nokta arasında elektronlara nazaran daha doğru bir yol izleyebilir, çünkü elektronlar çoğunlukla devrelerin birbirini etkilemesini önlemek üzere dolambaçlı bir yoldan geçirilirler. Hemen bütün elektronik bilgisayarlar sekanslı, yani işlemsiz çalışırlar; dolayısıyla her defasında bir işlemi yerine getirirler. Halbuki tek bir optik araç, mesela bir mercekle, birçok girdilerden gelen bilgileri aynı anda işleyebilir. Optik devreler, daha çok bağlantı yapılmasına imkân verirler; çünkü, fotonların bir yükü yoktur. Bundan dolayı ışık sinyalleri, yolları birbirine yakın olsa, hatta kesişse bile, elektrik akımındaki gibi birbirini etkilemezler.

Optik işlemciler, şimdiye kadar elektronik bilgisayarların gerisinde kalmışlardır; çünkü uyarılmaları daha zor ve sayısal duyarlılıkları daha azdır. Güvenlik ve strateji amaçları için geliştirilmekte olan daha iyi optik devreler, henüz bizler için bir sırdır. Yalnız, insan beyninin işleyişini taklit edebilen optik bir sayısal bilgisayar üzerinde çalışıldığını biliyoruz.

Telefon şirketleri de, gitgide artan ölçüde fiber optik iletişim devrelerinde kullanmaya elverişli anahtarlara ihtiyaç duymaktadır. Endüstride, optik araçların optik algılayıcılardan gelen sinyalleri doğrudan doğruya işlemeleri bile mümkün olacaktır. Hatta geleceği düşünülenler, ışıklı bilgisayarların günümüzün



*Burada SEED denen optik donatım dizisi görülüyor. Işığın geçmesi sırasında 2500 galyum arseniyür ve alüminyum galyum arseniyür katmanının kırılma indisi değişmeye uğrar ve SEED'ler şalter gibi açılıp kapanırlar.*

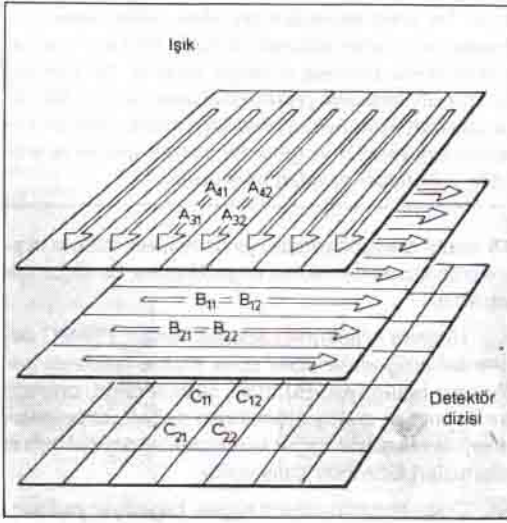
en iyi bilgisayarlarından bin kat daha güçlü olacağına inanıyorlar.

Optik bilgisayarların henüz yaygın olarak kullanılmamalarının bir nedeni de elektronik sistemlerin çok iyi yerleşmiş olmasından ileri gelmektedir. Bilgileri aynen bir elektronik bilgisayar gibi işleyebilen, mesela mantık kapılan olan optik araçlar varsa da, bunlar günümüzden 30-40 yıl önceki elektronik devrelerden daha duyarlı değildir. Bir elektronik bilgisayarla güvenle çeşitli işler yapabilecek biçimde programlayabiliriz, oysa en güçlü optik işlemciler ancak özel bazı görevleri yerine getirebilirler. Bunları programlamak için donanımlarının değiştirilmesi gerekir. Elektronik bilgisayarların makinenin arkasında prize sokulan tellerle işlediği 1940'ların çağı çoktan geçmiştir. Buna karşı, optik bilgisayar teknolojisi hâlâ elektronik bilgisayar teknolojisinin İkinci Dünya Savaşı'nda eriştiği seviyededir.

Diğer optik işlemciler, yapay açıklık radarında uygulanan aynı ilkeye dayanırlar. Her ikisinde de bir analog girdi sinyali vardır ve bu sinyal, ikili sistemin bir ve sıfırlarına bağlı kalmaksızın devamlı olarak değişir. Eğer sinyal ışık olarak başlamıyorsa, düzenli bir ışık ışınına modüle etmekte kullanılır. Ondan sonra, ışık sinyalleri bunları motifler biçiminde sokan mercek, prizma ya da başka araçlardan geçerler. Çıkış, yapay açıklık radarındaki gibi bir görüntü ya da bir radyo sinyalindeki frekansların analizi gibi bir bilgi dizisi olabilir.

Optik işlemciler daha şimdiden, mesela Fourier dönüşümü gibi işlemleri elektronik bilgisayarlardan daha sağlıklı olarak yerine getirebilmektedir. Analog sinyallerin optik olarak işlenmesinde birçok matematik işlem gerektirir. Bunun bilinen bir örneği, karmaşık dalga biçimlerinin matematik analizi sağlayan Fourier dönüşümleridir. Fourier dönü-





*Bernard Soffer, bir akusto-optik gereçten yararlanan bu matris çarpanını geliştirmiştir. Burada detektörler geçen ışığın miktarıyla orantılı olan bir elektrik yükünü biriktirirler. Her bir hücrenin güç çıkışı, matris çarpım değerlerini yansıtır.*

şümleri, mühendislik analizleri ve sinyallerin işlenmesine temel oluştururlar. Mesela bir mercekle, koherent ışığı, yani bir lazerin oluşturduğu gibi aynı frekans ve fazda ışık dalgalarını odakladığı zaman; ön odak düzleminde ortaya çıkan ışık motifi, arka yüzeyinde oluşan ışık motifinin bir Fourier dönüşümüdür. Eğer bu ışık ikinci bir mercekten geçirilirse, ikinci bir Fourier dönüşümü, başlangıçtaki görüntüyü yeniden elde etmemizi sağlar. Sayısal elektronik bilgisayarların bir Fourier dönüşümünü yaklaşık olarak gösterebilmeleri ise, çok ince işlenmiş programları gerekli kılar. Bazı optik araçlar, bir Fourier dönüşümünü yalnızca geçen ışığı kırarak gerçekleştirebilmektedir. Fourier dönüşümleri, sadece iki boyutlu görüntülerle kısıtlı değildir. Değişken bir telsiz sinyalinin frekanslarının tesbitinde Fourier dönüşümünden yararlanır. Bu, askeri stratejide, karşı tarafın telsiz frekanslarını belirlemek ve yayınlarını parazitlerle engellemek açısından önemlidir. Fourier dönüşümleri, uzaydan gelen kısa dalga yayınlarını anlamakta da radyoastronomlara yardımcı olabilir.

Kısa dalga tayfının analizi için, gelen sinyaller bir iletime aktararak, iletime bir kristali titreştirilmesi sağlanır. Titreşimler kristalin yoğunluğu ile kırılma indisinin değişmesine yol açar ve ışık kristalden geçerken kırılıp yayılır. Bir mercek, kristalden çıkan ışığı odaklar. Bu sırada kısa dalga sinyalinin frekans tayfını yansıtan bir görüntü motifi oluşur. Buna benzer teknikler, korelasyon ve motif tanıma işlemlerinde kullanılmaktadır. Anılan teknikler, gören robot yapımından tutun da, casus uyduların topladığı bilgilerin analizine kadar birçok alanda büyük önem taşır.

Araştırmacılar aynı zamanda, elektronik devrelerde optik bağlantılar yapma imkânlarını gözden geçiriyorlar. Süper bilgisayarların biçim tasarımını (dizaynını) zorlayan husus, sinyallerin devrelerden geçmesinin zaman almasıdır. Devre panolarını birbirine ne kadar yakın yerleştirirsek yerleştirilelim, bağlantı telleri gene de bizim iletişim hızımızı sınırlamaktadır. Birçok elektronik parçalar, küçüldükçe daha hızlı işleyebilirler, ancak bu, teller için geçersizdir.

İletim sorunları, yapımcıların çip (yonga) kenarlarına daha fazla elektronik bağlantılar yerleştirmeye kalkıştıkları zamanlarda artmaktadır. Şimdiki en iyi tekniklerimizle bile, bu çiplerin etrafına trafik tıkanıklığına yol açmadan ancak 300 bağlantı yerleştirebiliyoruz. Buna karşılık; optik bağlantıları, hem birbirine daha yakın olarak, hem de bir çipin kenarına değil, yüzeyine yerleştirmek mümkündür.

Daha ileri bir gelecekte, optik anahtarlarla bunlardan elde edilen optik lojik (mantık) elemanları, büyük sayısal bilgisayarlarda kullanılacaklardır. Yakın gelecekte ise, daha çok telefon sinyallerinin gönderilmesinde yararlı olabilirler. Günümüzde fiber optikler için kullanılan anahtarlar ışığın, önce bir elektrik impuls'u haline getirilmesi gerekiyor. Ne var ki, bu işlem bir fiber optikten geçirilebilen telefon görüşmelerinin sayısına ayak uyduramayacak kadar yavaş kalmaktadır.

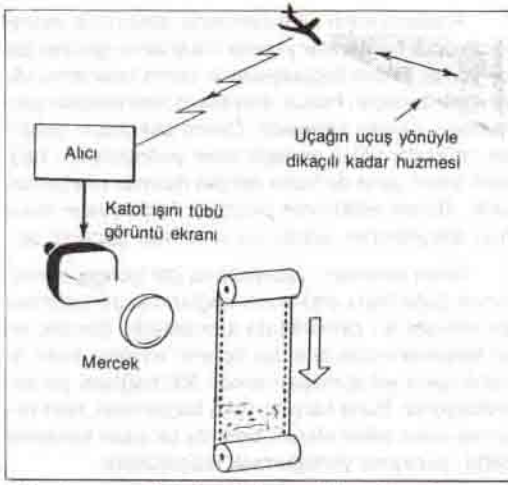
Hızlı optik anahtarların geliştirilmesinde henüz bazı önemli sorunlar çözülmemiş bulunmaktadır. Bunlardan biri, bir anahtarın işletilmesi için gerekli enerjiyi azaltmaktır. Şimdiki halde bir optik anahtar, aşağı yukarı bir transistor anahtar kadar enerji harcamaktadır. Bilim adamları, bugünkülerden bin kat daha hızlı çalışacak yarının optik anahtarlarının, kullanışa uygun olabilmeleri için bin kat daha az enerji ile çalışmalarının sağlanabileceğini umuyorlar.

Optik devrelerin en çekici taraflarından biri, ışık kanallarının birbirlerini olumsuz etkilemeden yan yana gelebilmesi ve hatta biçimlenmesidir. Buna karşı elektrik devrelerinde bağlantıların yalıtılması gerekir. Optik iletişimin, birbiriyle büyük sayıda bağlantı olan devrelerin yapımına imkân vermesi, araştırmacıların insan beyni gibi işleyebilen bilgisayar sistemleri yapmaya yöneltiyor.

İnsan beyni ile bir bilgisayar arasındaki temel bir fark, işlem elemanları olan nöronlarla işlemcilerin yapılarından doğmaktadır. Elektronik işlemciler, sayısal ve hızlıdır; fakat bağlantıları azdır. Nöronlar ise daha yavaş çalışmakta olup, analog (örneksel) ve birbiriyle geniş ölçüde bağlantılıdır. Bazı araştırmacılar hâlâ elektronik nöron ağları üzerinde çalışmakta ise de, diğerleri optik devrelerin geniş iç bağlantılar yapma imkânlarından yararlanmayı tercih etmektedir.

Araştırmacılar, nöron şebekelerinin, şimdiki sayısal bilgisayarlar için çok zor, hatta imkânsız olan





cisim tanıma gibi işlemleri yapabileceğine inanıyorlar. Milyonlarca yıl süren bir gelişme sonucunda bey-nimiz artık "biz ne yemek istiyoruz?" ile "kim bizi yemek istiyor?", yani kovalamakla kaçmak arasında ayırım yapmak yeteneğini kazanmıştır. Beyin bu ayırımı, mesela bir yırtıcı hayvanın çıkardığı sesleri duyma ya da yenebilir balıkların biçimlerini tanıma gibi bağlantılar kurarak gerçekleştirmektedir. Sonuçta alınan karar doğru olmayabilir; ancak, beyin bu kararı yırtıcı hayvan saldırmadan ya da av kaçmadan almak zorundadır. Araştırmacılar, optik şebekelerin benzer yetenekleri bulunacağı ve biçim tanıma da analog bilgisayarların karşılaştığı sınırlamaları aşacağı konusunda umutlu görünüyorlar.

Birkaç laboratuvar, daha şimdiden bağlantı kurabilen analog optik hafızalar geliştirmiş bulunuyor. Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nden Dimitri Psaltis, bir fotoğraf filmi üzerindeki resimleri okuyabilen ve ilişki kurabilen bir hafıza aracı yapmıştır. Pensilvanya Üniversitesi araştırmacıları ise optik bir ilişkilendirici hafızayı, ince ayrıntı gösterebilen radar ile birleştirmişlerdir. Bu sistem, bir uçağı komple radar sinyalinin sadece % 10'undan tanıyabilmektedir.

Basit bir mercek, 100 milyon noktayı ayırıp çözümlenebilir. Bundan dolayı optik usuller, çok sayıda eşzamanlı hesaplamaları yapabileceğini verir. Böyle hesap problemi listelerinin hemen hepsinin başında yer alan konu, vektör ve matrislerin işlenmesidir. Vektör ve matrisler, lineer (doğrusal) cebirin temelini oluşturan sayı dizi ve düzenleridir. Lineer cebir soyut bir konu olmakla birlikte, matrisler mühendislik ve fiziksel bilimlerde eşzamanlı lineer denklemlerin çözümünü sağlarlar. Böyle denklemler, hava tahminlerinden ya da üzerine yük binmiş bir köprünün gerilim modelinden tutun da, bir algılayıcı dizisinde gücü doğuran girdiye kadar çeşitli problemlerin çözülmesine yardım eder. Bu denklemlerde önemli bir yer alan matrislerin tersine çevrimi, bir elektronik bilgisayar için epey zaman alıcı bir işlemdir. Ne var ki; 24 saatlik hava tahminini ancak

Uçak bir arazi üzerinden geçerken, radar impulsları gönderiyor. Gelen işlenmemiş bilgi, bir katot ışın tübünün ekranı üzerinde iz olarak görünür. Bir mercek, bu izin görüntüsünü çevrilmekte olan bir film üzerinde odaklar. Film banyo edildikten sonra, filmde koherent ışık geçirilir ve optik bir mercek sistemi ile arazinin manzarası yeniden oluşturulur.

48 saatte işleyebiliyorsak, ya da nükleer hücum uyarısı bize füzelerden sonra erişebiliyorsa, bu hiçbir işe yaramaz.

Hughes Araştırma Laboratuvarları, PRIMO denen bir programlanabilir optik matris işlemcisi geliştirmiş bulunuyor. Bu araç, sayısal değil, analog ve her bir matris elemanının değeri, depolanan enerji ile orantılıdır. Diğer kuruluşlar ise sayısal matris işlemcileri üzerinde çalışıyorlar.

Çoğu araştırmacıların rüyası, bilgisayar yapımında optik anahtarlar ve matris işlemcilerinin de ötesine geçerek optik süper bilgisayarlar kurmaktır. Bazıları günümüzdekilerden bin kat daha güçlü bilgisayarlar yapılabileceğini söylerken diğer bazıları da 2000 yıllarına doğru optik bir merkez işlemci kurulabileceğinden ve böyle bir işlemcinin saniyede milyon kere milyar ( $10^{15}$ ) işlem yapabileceğinden söz ediyorlar. Halbuki bugünün Cray süper bilgisayarlarının işlem hızı sadece saniyede 100 milyon ile 1 milyar işlem arasındadır.

Geçmişte yapılmış olan bazı kehanetlerin gerçekleşmemiş olması, bilgisayar uzmanlarına gelecek tahminlerinde daha ihtiyatlı davranmayı öğretmiştir. Bilgisayarlarda gerçekten de optik ya da "fotonik" usullere doğru bir gelişim var. Optik teknoloji henüz gençtir; buna karşı, elektronik teknoloji artık gelişiminin en son noktasına yaklaşmış gibi görünmektedir. Şu anda elektronik teknoloji; elde edilen tecrübe, kaynaklar ve temel uygulamalar açısından optik teknolojinin ilerisinde bulunuyor. Optik teknolojinin geleceğe vaat ettiği doğrudur ama, bütün ömürlerini klasik elektronik araçlara adanmış kimselerin yeni optik teknolojiye uyum sağlaması herhalde kolay olmayacaktır.

**New Scientist'ten Çev.: Dr. Ergin KORUR**

