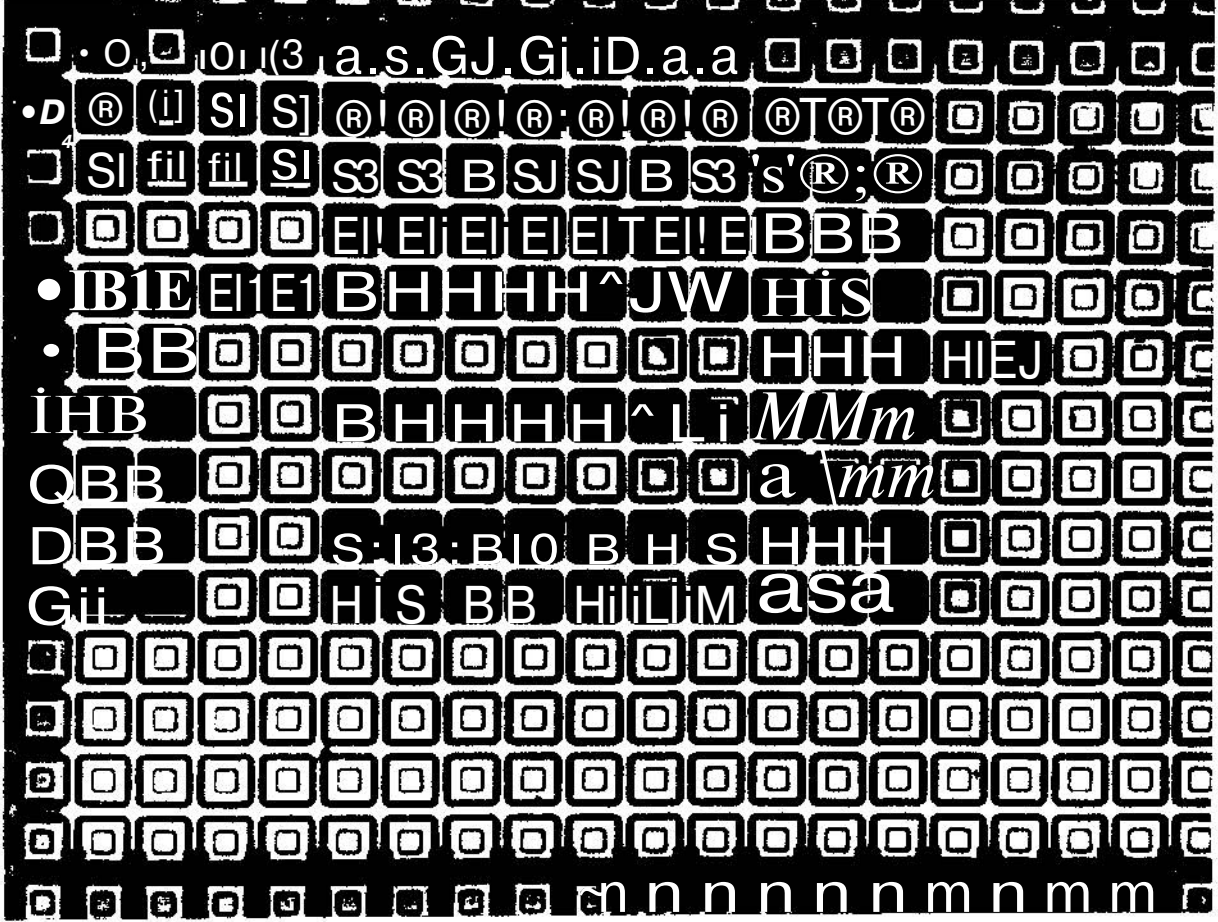


# OPTİK SÜPER-BİLGİSAYARLARA DOĞRU



2500 katman GaAs ve AlGaAs'dan oluşturulmuş bir optik aygıtlar dizisi (kısaca SEED).

Jeff HECHT  
Çeviren: Hayrullah YILDIZ

Işık ışınları elektronlardan daha hızlı hareket ederler. Fakat optik işlemcileri günümüz bilgisayarlarına uyarlamak zannedildiği kadar kolay değildir.

Her ne kadar günümüz bilgisayarlarının temelini sayısal elektronik sistemler oluştursa da, bu veri işlemede tek yol demek değildir. Optik aygıtlar bilgiyi, ışık demetlerini kullanarak işlerler. Son 30 yıldır optik işlemciler radarlarda, radyo-frekans spektrumlarının analizlerinde, resim temizlemede ve radar karakteristiklerini karşılaştırmada kullanılmaktadır.

Temelde optik devrelerini çekici kılan hızlı olmaları ve verileri paralel işleyebilmeleridir. Elektronik devrelerde hız, elektronların teller üzerinde bir noktadan diğer bir noktaya gidebilmeleri ile orantılıdır. Oysaki ışığın havadaki ve fiberdeki hızı, elektronların tellerdeki gidiş hızından çok daha fazladır. Optik anahtarların elektronik anahtarlardan daha hızlı olması bu nedendir. Bugün kullanılan elektronik bilgisayarların tümünde işlemler ardışık olarak yapılır (Bir işlemin yapılması, bir önceki işlemin yapılmasına bağlıdır ve bilgisayarlar belirli bir anda ancak bir işlem yapabilirler). Oysa bir optik aygıt, örneğin bir merceğe, birçok girdiyi aynı anda değerlendirir.

Özgün Metin: "Computing With Light", New Scientists, Sayı: 1580, 1 Ekim 1987.

direbilir. Aynı zamanda, optik devreler elektronik devrelerle karşılaştırıldığında çok daha karmaşıktır. Bunun nedeni ile fotonların (elektronik akımın tersine) yüklü parçacıklar olmaması, böylece ışık sinyallerinin birbirleriyle girişmemeleridir.

Optik işlemciler kullanım açısından yeterli esnekliğe ve sayısal kesinliğe sahip değildiler, bu yüzden elektronik bilgisayarların gerisinde kalmışlardır. Oldukça üst düzey teknoloji gerektiren uygulamaları olmasına karşın, günümüzde optik işlemciler üzerine bilgiler askeri ve gizli servisler tarafından bir sır olarak saklanmakta ve yalnızca genel ilkeleri ve temel araştırma sonuçları açıklanmaktadır. Yasaklayanların amaçlarından biri de bu teknolojiyi kullanarak yıldız savaşlarının korkulu gereksinimlerini sağlayabilmektir. Bir diğer amacı ise yavaş yavaş bir darboğaza gitmekte olan elektronik yonga tasarımcılarının işlerini kolaylaştırmaktır. Amerika Birleşik Devletleri Savunma Dairesi ise konuya çok ilginç bir açıdan yaklaşmakta ve insan beyni gibi çalışan, silah sistemlerini de kontrol edebilecek bir sinirsel optik ağ geliştirmeyi planlamaktadır.

Telefon şirketleri de fiber-optik ile çalışan haberleşme sistemlerinde kullanmak için çok daha gelişmiş bir sistem olan optik anahtarlamaya ihtiyaç duymaktadırlar. Bugünkü elektronik aygıtların tersine, optik aygıtlar, optik algılayıcılardan gelen sinyalleri hiçbir işleme gerek duymadan doğrudan işleyebilirler. Bazılarına göre ise optik, gelecekteki bilgisayar kuşaklarının temelini oluşturacak ve bugünkü en gelişmiş bilgisayarlardan bin defa daha güçlü olacaktır.

Optik bilgisayarlar biraz da, elektronik bilgisayarların daha çok geliştirildiğinden yaygınlaşmamışlardır. Elektronik bilgisayarlarda kullanılan birçok parça optik cihaz olarak da geliştirilmiştir (Optik mantık kapıları gibi). Ancak bunlar 30-40 yıl öncesinin elektronik devrelerinin ulaştığı düzeydedirler. Şimdi optik bilgisayarlarda olduğu gibi, 1940'larda da elektronik bilgisayarların bir programı çalıştırabilmesi için donanımının o işe göre yeniden düzenlenmesi gerekirdi. Bugünkü optik bilgisayar teknolojisi, elektronik bilgisayarların, 2. Dünya Savaşı sıralarında eriştiği düzeydedir.

Optik işlemciler, yapay ağız-açıklığı radarında (synthetic aperture radar) kullanılan bazı temel bilgileri paylaşırlar. Her iki durumda da sürekli değişen ve ikilik sisteme göre birlerle, sıfırlarla sınırlanmayan bir analog girdi sinyali vardır. Eğer sinyal ışık gibi başlamazsa; zamanla değişmeyen bir ışık demetini modüle etmek için kullanılır. Daha sonra ışık sinyalleri, örnekleri üretmeyi sağlayan merceklerden, prizmalardan veya benzer aygıtlardan geçirilir. Sonuçta elde edilen çıktı yapay açıklık radarlarında olduğu gibi bir görüntü veya bir radyo sinyal frekanslarından elde edilen verilerin meydana getirdiği bir eğri oluşturmada kullanılır.

Optik işlemciler bazı işlemleri elektronik bilgisayarlardan daha verimli yapabilirler. Ayrıca optik işlemciler analog sinyalleri kullanarak birçok matematiksel işlemleri gerçekleştirebilirler. Buna en iyi örnek Fourier dönüşümleridir. Karmaşık dalga yapılarının incelenmesinde ve sin-

yal işleme konularında, mühendislik dallarında Fourier dönüşümlerinin önemli bir yeri vardır. Örneğin bir mercekte odaklanan ışığın biçimi (bir lazer tarafından üretilen ön odak düzleminin aynı fazla ve aynı frekanstaki ışık dalgalarında olduğu gibi) aynı merceğin arka düzleminin biçiminin Fourier dönüşümüdür. Eğer bu ışık demeti ikinci bir mercekten geçerse ikinci bir Fourier dönüşümü ilk görüntüyü tekrar oluşturur. Oysaki sayısal elektronik bilgisayarlar bir Fourier dönüşümünü alırken karmaşık programlar kullanmak zorundadırlar. Bazı optik cihazlar ise sadece içinden geçen ışığın kırılması sonucu Fourier dönüşümünü bulabilirler. Fourier dönüşümleri sadece iki-boyutlu görüntülerle kısıtlı değildir. Zamanla değişen bir fonksiyon (bir radyo sinyalinde olduğu gibi) Fourier dönüşümü, bu sinyali onu oluşturan frekans bileşenlerine ayırır. Bu yaklaşım modern elektronik savaş yöntemlerinde de (örneğin karşı tarafın radyo-sinyallerini bozmakta) kullanılır. Bir diğer örneği ise radyo spektrumun analiz edilmesinden verebiliriz. Gelen radyo sinyalleri bir kristali titreştiren çevirgeci (transducer) etkiler. Titreşim kristalin yoğunluğunu ve kırılım katsayısını (refractive index), ayrıca maddeden geçen ışığın bükülmesini, saçılmasını değiştirirler. Bir merceğe ise kristalden gelen dalgayı radyo sinyalinin frekans spektrumunu gösteren dağılımını oluşturmak için odaklar. Benzer teknikler birçok dalda uygulama alanı bulurlar. Örneğin uzaklık ölçmede, casus uyduların bilgi yollamasında ve bunların tanımlanmasında gibi. Bu konuda yapılan araştırmalardan ülkelerin askeri yetkilileri ve gizli servisler sorumlu oldukları için, sadece temel birtakım araştırma sonuçları yayınlanmakta, ayrıntılı olarak bilgi verilmesinden kaçınılmaktadır.

Bugün artık, araştırmacılar elektronik devrelerde optik bağlantılar yapabileceği olasılıklarını araştırmaktadırlar. Çünkü gelen sinyalin bir devreden geçme zamanı süper bilgisayarların tasarımlarını çok fazla kısıtlamaktadır. Bir bilgisayarda devre elemanları ve bunların üzerinde buldukları kartlar ne kadar sıkışık olursa olsun, bağlantı kabloları iletişim hızını azaltmaktadır. Yapımcıların bir "yonga" üzerine gittikçe daha fazla elektronik fonksiyonlar yüklemeleriyle devre elemanları arasındaki geçiş problemleri artmaktadır. Üretimde ulaşılan en iyi teknikle bir yonganın etrafına 300'den fazla bağlantı sıkıştırılabilmektedir, fakat bu bile yüzlerce parça bulandıran çok büyük ölçekli tümleşik yongalarda (VLSI) yetersiz kalmaktadır.

Optik zamanlayıcılar elektronik zamanlayıcılara göre çok daha hızlıdır. Elektronik bilgisayarlarda zamanlama işleminin hızı tel üzerinde akan elektronların hızı ve yonga içerisinde alacağı yol ile orantılıdır. Oysa yonga üzerindeki değişik foto alıcıları üzerine çakan ışık işlemleri çok daha hızlandırır. Çünkü işlemin hızını belirleyen artık elektronların hızı değil fotonların hızıdır. Bir örnek verme gerekirse bir yonga üzerindeki dört algılayıcıdan gele ve ayrı ayrı yönlere giden iki sinyal, yonga boyunca r den tek bir sinyale göre 8 kez daha hızlıdır. Bugün çitirilmekte olan optik birimler ve onlardan oluşturulmuş optik aygıtlar, ileride geliştirilecek olan sayısal optik bilgisayarların temelini oluşturmaktadır. Yakın gelecekte c

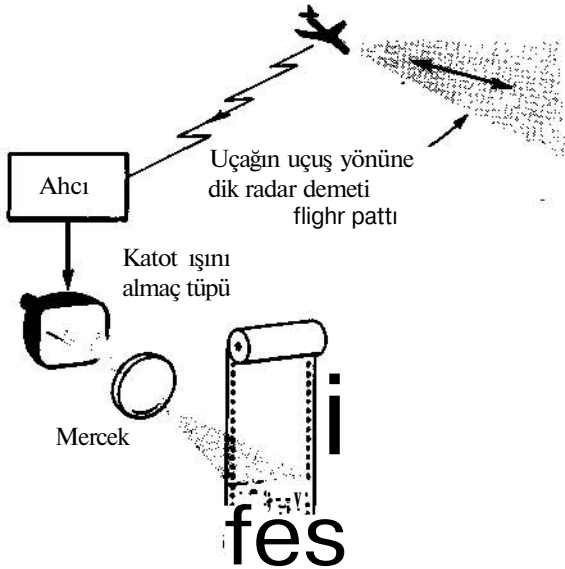
## 1. FOURIER DÖNÜŞÜMLERİNİN KARMAŞIK SINYALLERDE KULLANIMI

Fourier dönüşümleri karmaşık fakat güçlü matematiksel operasyonlardır. İsmi Fransız matematikçisi Jean Baptiste Joseph Fourier'den alan Fourier dönüşümü, karmaşık bir sinyali iki farklı kümede tanımlar: zamanın fonksiyonu olarak ve değişik frekanslardaki sinyallerin toplamı olarak. Mühendisler için çok önemli olan Fourier dönüşümleri arasında "zaman kümesi" ve "frekans kümesi" arasındaki bir dönüşümdür.

Bu alternatif bakış açılan değişik bilgiler ortaya koyar (çıkartır), örneğin bir radyo alıcısı, elektromanyetik dalgaları zamanın fonksiyonu olarak alabilir. Bu bilgiden frekans kümesine geçilirse gelen dalganın bir veya daha çok radyo frekansına sahip olup olmadığı ortaya çıkar. Bu bilgi askeri elektronik hesap ölçümlerinden radyo-astronomiye kadar birçok alan için değerlidir.

tik anahtarlama devrelerinin gelişmesi ile telefon teknolojisine yeni bir boyut getirilmesi beklenmektedir. Bu teknoloji ile fiber-optik kablolarla yapılan iletimin anahtarlama düşünülmektedir.

Amerika Birleşik Devletlerinde bulunan AT & T şirketi birkaç çeşit optik anahtarlama sistemi üzerine çalışmaktadır. Bunlardan biri David Müller adlı bir bilim adamının (1981'de Bell Laboratuvarları'na katılmadan önce Heriot-Watt Üniversitesi'nde fizik dersleri veriyordu) geliştirdiği SEED (Self Electrooptic Effect Device) adlı aygıttır. SEED



Bir uçak radar vurumlan göndererek uçar. Gelen işlenmemiş veri bir televizyon tüpünden geçirilir, ekrandan alınarak odaklanır ve bir fotoğraf filmine düşürülür. Film banyo edildiğinde yeryüzü şekli görüntülenir.

Basit, zamanla değişen bir sinyal üzerinde alınan dönüşüm tek boyutlu Fourier dönüşümüdür. Bir görüntüde olduğu gibi, iki boyutta değişen bilgi için de Fourier dönüşümü kullanılabilir. Bir görüntünün iki boyutlu dönüşümü "uzaysal frekanslarını" (spatial frequencies) ortaya çıkarır (Karanlık-Aydınlık-Karanlık değişim modeli).

Uzaysal frekans modeli görüntü oluşturmada ve gürültü yalıtımında kullanılır. Fourier dönüşümünün istenmeyen frekans bileşenleri çıkartılır ve ters-Fourier dönüşümü alınarak gerçek sinyal elde edilir.

Birçok optik aygıt doğal olarak ışığı geçirirken, ışık demetinin Fourier dönüşümünü alır. Bunların en basiti merceklerdir. Dış yüzeyde bulunan odak düzlemindeki ışığın biçimi iç odak düzlemindeki biçimin Fourier dönüşümüdür. Bu merceklerin en basit işlemleri için de geçerlidir: parlak bir odak noktası, düzgün aydınlatılmış yüzeyin Fourier dönüşümüdür.

çok sayıda ine» yarı-iletken katmandan oluşur ve kalan sinyalleri saniyenin birkaç milyarda biri kadar hızla anahtarlatabilir. Bell Laboratuvarları'nın geliştirmiş olduğu OLE (Optical Logic Station) adlı optik anahtarlama devresi ise gelen sinyalleri saniyenin 60 trilyonda biri kadar bir zamanda anahtarlatabiliyor. Yakın gelecekte ise bu oranın 0.1 trilyonda birine kadar düşürülmesi bekleniyor.

Günümüzde daha da hızlı optik anahtarların geliştirilmesinde önemli atılımlar olmuştur. Bunlardan biri bir anahtar işleyen enerjinin azaltılmasıdır. Şu anda bir optik anahtar bir transistor anahtarla karşılaştırıldığında yaklaşık anı gücü harcamaktadır. Bilim adamları optik anahtarların şu andaki hızlarından bin kat daha hızlı çalışabileceği umudundadır. Fakat uygulamada bu bin kat daha fazla güç harcamak gerektirir demektir; bu da kolay halledilecek bir sorun değildir.

Şu andaki optik aygıtlar, basit bir mantık devresinin kurulması için yeterlidir. Heriot-Watt Üniversitesi'nden Des Smith grubu önemli bir işlevi yerine getiren basit yapıda bir aygıt geliştirmişlerdir. Bu aygıt küçük yarı-iletken parçalardan oluşmakta ve gelen ışığın dalga boyuna göre davranarak belirli frekanstaki ışık demetini geçirip diğer frekanslardakileri durdurmaktadır. Bu aygıtlar uygun şekilde yerleştirildiği zaman iki durumlu (bistable) anahtarlama devresi olarak da kullanılabilir ve aygıtlara gelen ışığın dalga boyuna göre devreyi anahtarlama devresidir.

Optik devrelerin, elektronik devrelere oranla daha çekici olmasının bir nedeni de ışık demetlerinin birbirlerine çok fazla yaklaşabilmeleri fakat aralarında girişime olanak tanımamalarıdır. Buna karşın elektrik sinyallerinin birbirlerinden yalıtılmış bağlantılarla bir araya getirilmesi gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında optik aygıtlar kullanarak çok daha fazla sayıda (bugüne göre) bağlantı gerektiren devrelerin, kolaylıkla yapılabileceği gerçeği ortaya çıkar. Bu olanak da araştırmacıları, insan beyni gibi çalışan bilgisayar sistemleri kurmaya yöneltmektedir.

İnsan beyni ile bir elektronik bilgisayar arasındaki en önemli fark işlem elemanları (sinirler ve işlemciler)

arasındaki ilişkidir. Elektronik işlemcilerin sayısal ve hızlı olmalarına karşın birbirleri ile aralarında az bağlantı vardır. Sihirler ise analogdur, daha yavaştır fakat aralarındaki bağlar çok fazla ve yoğundur.

Bazı araştırmacıların elektronik sinirsel ağlar üzerinde çalışmalarına devam etmelerine karşın, diğerleri çok sık ara bağlantı olanakları sağladığı için optik devrelere yönelmektedirler.

Araştırmacılar sinirsel ağların bir sayısal bilgisayar için çok zor, hatta olanaksız denebilecek bir işi, örneğin bir nesneyi tanımayı, başarabileceği inancındadır. Evrimden milyonlarca yıl sonra beyin, yemek için ne istediğini ve onu neyin yemek istediğini ayırabilecek duruma gelmiştir. Beyin çağrışım yoluyla ayırmasar; örneğin yirtıcı bir sesi algılaması veya yiyeceği balığın şeklini algılaması gibi. Bu kararların yüzde yüz doğru olması gerekli değildir, fakat beynin, yirticiliğin başlamadan veya yemeğin yokolmadan bunu yapması yaşamsaldır. Araştırmacılar optik ağlarında benzer kapasitede çalışabileceklerini ve biçim tanımları için analog optik sistemlerin kısıtlamalarının azalabileceğini ümit etmektedirler.

Bugün bazı laboratuvarlar diğer elektronik aygıtlarla da birleşebilen analog optik bellekler gerçekleştirmişlerdir. California Institute of Technology'den Demetri Psaltis bir fotoğraf filminden resimleri tanıyabilen bir bellek birimi geliştirmiştir. Hughes Araştırma Laboratuvarları'nda (Malibu-California) hologramlardan veri elde eden bi-optik bellek aygıtı geliştirilmiştir. Ayrıca Pennsylvania Üniversitesi'nde yüksek seçme gücüne sahip radarlı bi-optik bellek birimi üzerinde çalışılmaktadır. Bu sistemin bir uçağı tanıması için; tam olarak donatılmış bir radar sistemini tanıması için gereken sinyalin % 10'u yeterli olmaktadır.

Bu konuda ki ramsal çalışmalarda bulunanlar ise optik bellek birimler, iin başka yönleri üzerinde çalışmaktadırlar. Virginia'daki "Ravinda Athale of the McLean", Washington'daki "BDM Corporation" ve Naval Research Laboratory" adlı kuruluşlar da, belleğine aldığı verilerin durumunu değiştirebilen bir optik bellek aygıtı üzerinde çalışmaktadırlar.

Basit bir mercekle 100 milyon noktadan gelen verileri aynı anda değerlendirebilir. Bu demektir ki optik aygıtlar aynı anda çok fazla sayıda işlem yapabilme olanağını sunmaktadırlar. Genelde bütün bu tip problemlerin başında doğrusal cebirin ana konusu olan vektör ve matris işlemleri gelmektedir. Doğrusal cebir soyut bir konu olduğu halde, matrisler eşzamanlı doğrusal denklem sistemlerinin çözümlerinde kullanıldıkları için, mühendislikte ve fizik dallarında önemli yer tutmaktadırlar. Bu tür denklemler, girdilerin değerlendirilip bir matris çıktısı olarak alınarak kullanıldığı meteorolojik durumlardan, yüklü bir köprü modelinin üzerindeki gerilimlerin çözümüne kadar değişik alanlarda kullanılırlar. Elektronik bilgisayarlarda bile çok zaman alan, bir matrisin tersinin alınması gibi bir matematiksel işlem de önemli bir problem olarak karşımıza çıkar. 24 saatlik bir meteoroloji raporunun 48 saatte alınması veya bir nükleer saldırının farkına roketler hedefini bulduktan sonra varılması anlamsızdır.

## HOLOGRAFİNİN DOĞUŞU

Willow Run Laboratuvarı'nda Emmett Leith'in çalışması holografide ve optik işlemcilerde ilk önemli rolü oynar. Bu konuda "Lazerler ve Uygulamaları" (Lasers and applications) adlı dergide E. Leith ile bir söyleşi yayınlanmıştır: "Eylül 1955'de bana öyle geliyordu ki, veri alıcısından yansarak gelen dalgalar gerçek radar dalgalarının aynısıydılar. Biz o sırada dalga boyunu mikrodalga genişliğinden optik genişliğe değiştiriyorduk ve bir millik uçuk uzaklığı veri alıcısında birkaç santimetreye düşürecek bir ölçek değişimi yapıyorduk." Birkaç ay boyunca Leith yapay ağız-açıklıklı radarların optik kuramı konusunda çalıştı. Çıkan sonuç, Leith'in kendi kuramını geliştirdikten sonra 1940'lann sonlarında Dennis Gabor'ın holografi çalışmaları ile paralellik gösteriyordu.

Bu 'yeni kuram holografide önemli yeni bakış açıları sağladı. Gabor'ın ilk hologramının birçok kısıtlamaları vardı ve sadece 2-boyutlu görüntüler elde edilebiliyordu. Leith'in çalışması ise, 3-boyutlu holografik görüntüler elde etme olanakları tanyordu. Leith ve Juris Upatnieks sonraları Willow Run'da ilk 3-boyutlu hologramı elde etmek için lazerleri kullandılar.

Bu konuda çalışan bilim adamı ve uzmanlar, Leith'in holografinin gelişmesinde oynadığı rolün, 1971'de Fizik dalında Nobel Ödülü'nü alan Gabor'unki kadar önemli olduğu görüşündeler. Leith'in holografi kuramının optik bilgisayarlar alanında daha başka bakış açıları geliştirdiği için de önemli bir yeri vardır.

Hughes Araştırma Laboratuvarı çalışanları PRIMO adı verilen geliştirilmiş bir aygıtlarla 32 x 32'lik iki matrisi çarpmışlardır. Matrislerin "satırları" ve "sütunları" ayrı optik şerit modülatörlerini kontrol etmektedirler. Modülatör çiftinden saçılan ışık optik alıcılar için kare bir matris oluşturur. Alıcı matrisinin her elemanı çarpım matrisindeki değere karşılık gelen ışık enerjisini depolar. Çarpma işleminde N x N'lik bir matris sadece N saat-çevriminde (clock cycle) hazırlanır.

Hughes Araştırma Laboratuvarları'nda geliştirilen bu yöntem ile matris elemanının değeri o eleman için depolanan enerjiyle orantılıdır. Bu, probleme analog bir yaklaşımdır. "OptiComp Corporation" (Nevada) grubu ise optikle büyük ölçüde paralellik gösteren bir sayısal yaklaşım üzerinde çalışmaktadırlar. Çünkü alıcılar sadece ışığın varlığını veya yokluğunu algılamaktadırlar. OptiComp şirketinin kurucularından Peter Guilfoyle, kendi sisteminin ışığın yoğunluğunu ölçmesi gereken analog sistemden daha kesin olduğunu belirtmekte.

Matris işlemciliğinin radar sinyallerinin işlenmesinde çok fazla uygulamaları vardır. Washington'daki Amerikan Havacılık Endüstrileri Birliği (Aerospace - Industries Association) optik işlemcileri araştırarak bir konsorsiyum kurmaktadır. Bunun amacı ilk 5 yıl içinde 100 x 100'lük iki matrisin bir milisaniye gibi çok kısa bir sürede çarpımını bulacak bir optik işlemci geliştirmektir. Uzun vadede ise amaç, şu anda çalışan ana sistemlerden bin kat daha hızlı çalışan bir optik işlemci geliştirilmesidir.

## ÜÇ DEĞİŞİK OPTİK İŞLEMCİ

Bir elektronik bilgisayarın temel yapı parçası transistordur. Bir optik anahtar da optik bilgisayarlarda aynı görevi üstlenir. AT & T Bell Laboratuvarın gelecek bilgisayar kuşağında kullanılacak 3 aygıt geliştirmektedir. Bunlar iki-durumlu anahtarlardır. Geçirgen (transparent) ve geçirgen olmayan (a paque) iki durum arasında (açık ve kapalı olarak) durum değiştirirler.

AT & T ışık demetlerine duyarlı 6 x 6'lık SEED anahtarlarının oluşturduğu bir matris geliştirmiştir. Bu çalışmada bilim adamları elektro-optik etkisini 10 nanometre kalınlığındaki GaAs ve AlGaAs tabakalarını birlikte yerleştirerek elde etmişlerdir. Aygıt elektronik transistörler ile karşılaştırıldığında, çok az enerji harcamaktadır.

Bell'de çalışan Jack Jewell'in geliştirmiş olduğu anahtar ise OLE (optiksel mantık etalono)'dur. Bu yapıda ışık iki ayna arasında veya bir etalonda sıçrar. Her ayna yansıtıcı, özelliği olan bir maddeden yapılan ince tabakalardan oluşur. Işığın bir kısmı hemen yansıtılır, bir kısmı ilk aynadan geçer fakat yüzeyin yakınındaki bir tabakadan yansıtılır. Düşük yoğunluktaki ışıkta, ışığın tümü yansır. Gelen ışığın yoğunluğunun fazla olduğu durumlarda, ayna yansıtmaktan çok geçirgenlik görevi yapar. Düşük yoğunluktaki ışıkta amaç aynalar arasında ışığı rezonansa girdiği durumda bir noktaya yoğunlaştırmaktır. AT & T'ye göre OLE anahtar sistemiyle çalışan bir bilgisayar bugünün hızlı bilgisayar-

larından 10 defa daha hızlı çalışacaktır. Lawrence West'm geliştirmiş olduğu QWEST, anahtarlama açıp kapama hızı olarak sadece birkaç psikosaniyeye ulaşmıştır (saniyenin  $10^{27}$ 'de biri).

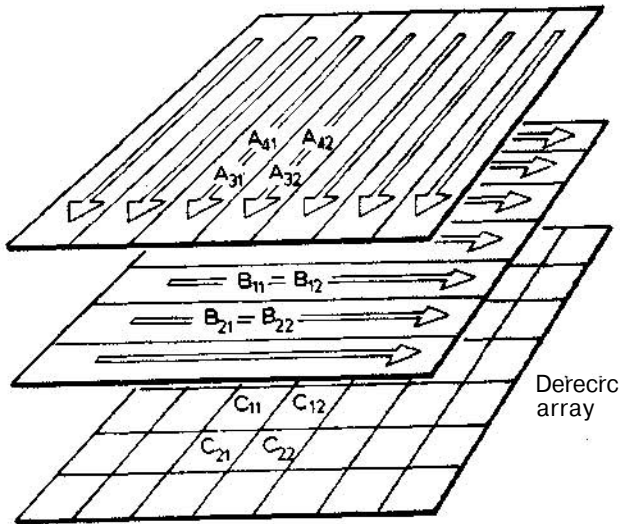
QWEST aygıtı içerdeki yansımaların tümünü, ışığı GaAs'den yapılan yüksek bir kınım katsayısı olan tabakalar içinde hapseder. Kuantum kaynaklarından gelen hapsolmuş atomlara çarpan fotonlar elektronları enerji düzeyleri arasında sıçramaya zorlarlar. Bu alete çarpan sonraki foton demetini etkiler ve açılıp kapanma etkisini sağlar. West sonraları bu malzemeyi ışığı cihaz içinde yönlendirecek olan dalga kılavuzları yapımında kullanmıştır. Dalga kılavuzları yapımındaki bir problemde ışığın seçilen yolda ilerleyebilmesini sağlamaktır. Dalga kılavuzları çok düzgün eğri-lerden oluşmalıdır, çünkü bu gerçekleştirilmezse sızacak veya çıkacak ışığın saçılma tehlikesi doğar. West, eğer yansıma katsayısındaki büyük değişiklikler sonucu ışık saçılırsa, dalga boyu artışıyla saçılmanın azaldığını bulmuştur.

West, biraz daha uzun dalga boyunda (aygıt boyunca 10 mikrometre) ışık sağlayan karbondioksit gaz lazerlerinden çıkan ışığı yönlendirmektedir. West bugün gelinen noktada, ışığı eğriler üzerinde değil de dik açılar üzerinde yönlendirmeyi başarmıştır. Bu anahtar sistemine dayanan bir bilgisayar elektronik bilgisayarlarla karşılaştırıldığında yapı olarak aynı fakat hız olarak daha fazladır.

Maggie McDonald

Günümüzde optik alanında çalışan bütün araştırmacıların amacı optik anahtarlama ve optik işlemcilerin yardımıyla optik super-bilgisayarı yaratabilmektir. Bazı araştırmacılar ise görebildiğimiz bilgisayarlardan bin kat daha güçlü olan bilgisayarların yapımından söz etmektedirler.

Light



Bernard S af fer, akusto-optik biraygıt kullanarak matris çarpımını gerçekleştirmiştir. Dedektörler, ışık geçirgenlikleri ile orantılı olarak, elektrik yükü toplarlar ve her bir hücrenin çıktısı bize çarpım matrisinin o elemanının değerini verir.

myla optik super-bilgisayarı yaratabilmektir. Bazı araştırmacılar ise görebildiğimiz bilgisayarlardan bin kat daha güçlü olan bilgisayarların yapımından söz etmektedirler.

Bu da 2000'li yıllarda bugünkü en hızlı bilgisayar olan Cray süperbilgisayarımdan 1000 kat daha güçlü olan bir optik ana işlemcinin hayalidir. Bilindiği gibi Cray süperbilgisayarı saniyede 100 ile 1000 milyar işlem yapabilmektedir. Eğer optik süperbilgisayarlar gerçekleştirilecek olursa bu sayı saniyede  $10^{15}$  işleme varacaktır.

Diğer taraftan hiçbir şeye ulaşamayan geçmiş deneyimler, emektar bilim adamlarına ölçülü olmalarını öğretmiştir. Bilgisayarlaşmanın yönü optiğe veya bazılarının dediği gibi "photonics"e kayıyor gibi gözükmektedir. Optik teknolojisi şu anda yenidir, buna karşılık elektronik teknolojisi yavaş yavaş doyuma ulaşmaktadır. Fakat ne ışığın bize şu anda vaadettiği parlak gelecek, ne de yarı-iletken elektroniğin günün birinde tıkanacağı kesin değildir. On yıl önce, Josephson bağlantıları yarının süper-bilgisayarlar teknolojisi idi, fakat Josephson bağlantıları birçok engelle karşılaşırken, elektronik beklenenden daha da iyisini gerçekleştirdi. Yakın gelecekte, oda sıcaklığında çalışabilen süper-iletkenlerin gerçekleştirilmesiyle Josephson bağlantıları tekrar eski canlılığına kavuşabilir. Günümüz dünyasında optik aygıtlar parlak bir gelecek vaadediyorlar, fakat unutmamalı ki optik aygıtların bu tehdidi elektronik aygıtları teşvik edebilir ve elektronik alanında yakın gelecekte hiç beklenmedik gelişmeler olabilir.