

OPTİK İŞLEM ETKİNLİKLERİ



David K. KAHANER*

Çeviri: Şimşek DEMİR

*'IEEE MICRO, Şubat 1991
"ABD Deniz Kuvvetleri Araştırma Birimi, Uzak Doğu*

GEÇTİĞİMİZ yıllarda, optik olanakları kullanarak işlem yapma alanının hızla, optik analog ve/veya sayısal veri işleme ve optik ve optoelektronik aygıtlar konularını kapsayacak biçimde genişlediğini gördük. Optik bilgisayarı, içinde bir yerde ışığın kullanıldığı bilgisayar olarak kabul ettiğimiz için, çeşitli yapıları inceleyebiliriz. Bazı yapılarda elektronik elemanlar arasında fiber optik veya boşlukta bağlantılar, bazılarında veri saklama, mantık veya aritmetik işlemler için ışık kullanımı, görülebilir.

Optik işlem yapma alanında yapılan birçok yeni çalışma, büyük miktarlarda veriyi, yüksek hızda işleme olanaklı olan yeni bir paralel işlem dizgesini geliştirmeye artan ilgiyi göstermektedir. Benim kişisel ilgim de, potansiyel uygulamalara sahip olan bu alandadır.

Benim temsil ettiğim sayısal işlem yapma çevresine, optik işlem yapmanın ne kadar yararlı olabileceğini öğrenmek ve optik işlem yapma ile sinirsel işlem yapmanın hangi noktalarda çakıştığı konusunda fikir edinmek istedim. Bence, bilim alanında matematik işlem yapan birçok bilim adamı sinirsel işlem yapma konusunda çok az, optik işlem yapma konusunda daha da az bilgiye sahip. Bununla beraber, bu temelleri iyi kurmuş bilim alanları profesyonel topluluklar, dergiler, uluslararası toplantılar gibi etkinlikler gösteren binlerce araştırmacıyı içermektedir, örneğin; 1990 baharında Kobe'de (Japonya) yaklaşık 500 kişinin katıldığı, bu konuları içeren, bir konferans, Optical Computing 90, düzenlendi (bir özet ve değerlendirme yazısı ilerde yapılacaktır).

Birçok Japon, optik işlem yapmayı, işlem yapma araştırmaları için temel alan olarak görmektedir. Bazı yorumlar şöyle;

Elektronik yirminci, optik yirmibirinci yüzyılın bilimidir. MITI (uluslararası ticaret ve endüstri bakanlığı)

Fotonların ve elektronların birlikte kullanımı, sadece bugünkü teknolojinin bir uzantısı olarak düşünemeyeceğimiz, yepyeni dizgeler yaratacaktır, örneğin; katlar arasında, dikey olarak ışıkla iletişim sağlanan 3-boyutlu tümleştirmeyi düşünün. Op-

Gelecekteki uygulamaları farklılaşsa da, özel amaçlı donanımlar ilk olarak, elektronik kullanarak erişilemeyecek veri oranlarında çalışacak görüntü işlemcilerinde ortaya çıkacaktır.

toelektronik tümleştirmeyi başardığımızda, yeni yapılar hayal etmeye başlayabiliriz. Izvo Hayashi, Optoelektronik Teknolojisi Araştırma Laboratuvarı yöneticisi, Tsukuba.

Japonya ve ABD araştırma etkinliklerini içeren yorumlar: ABD'e oranla Japonya'da, optik işlemler için aygıt geliştiren çok daha çeşitli araştırma grupları var. ABD'de, sanırım, optik işlem yapmak için yeni yapılar arayan araştırma grupları daha fazla.

Takeshi Kamiya, Elektronik Müh. Bölümü, Tokyo Üniversitesi

(AT&T Bell laboratuvarı araştırmacıları) kısa vadeli hedeflere yönelmiş durumdadır, görünen o ki; çalışmalarını 1995 için yoğunlaştırmışlar.

Fakat NTT'nin uzun vadeli hedefi optik işleme teknolojisini kurmak ve optik yollarla paralel işlemciliği tam olarak kullanılır hale getirmektir. Bu, yani optik aygıtlar ve yapılar üretilmesini sağlayacaktır. Uzun vadede, yapılan çalışmaların verimli olacağını bekliyoruz. Bu nedenle, bu çalışmalarını pratik uygulamaları geliştirme değil temel araştırma dönemi olarak kabul ediyoruz.

Fotoelektronik veya optoelektronik bilgisayar geleceğin hedefidir. Kenichi Kitayama, NTT İletim Dizgeleri Laboratuvarları.

Optik İf ton» Nedir?

Işığı, işlem yapmak için merceklerden geçirmek yeni değildir: ben 1960'larda bu konuda ders almıştım. Temel fikir, sayısal işlemle aralarındaki farkı açıklayarak anlatılabilir. Basit bir mercek, temelde, oldukça karmaşık olabilecek bir görüntünün, gerçek zamanda girdi olarak iki boyutlu Fourier dönüşümünü alır. Sayısal işlemede veri noktalarının veya piksellerin sayısı He beraber, harcanan çaba da hızla artar. Bir merceği böyle kullanmak tamamen analog bir süreçtir ve işlemlerin analog yapıldığı zamanlardaki ilk araştırmaların çoğu benzer şekildeki analog yapılarla işlem yapmayı içeriyordu.

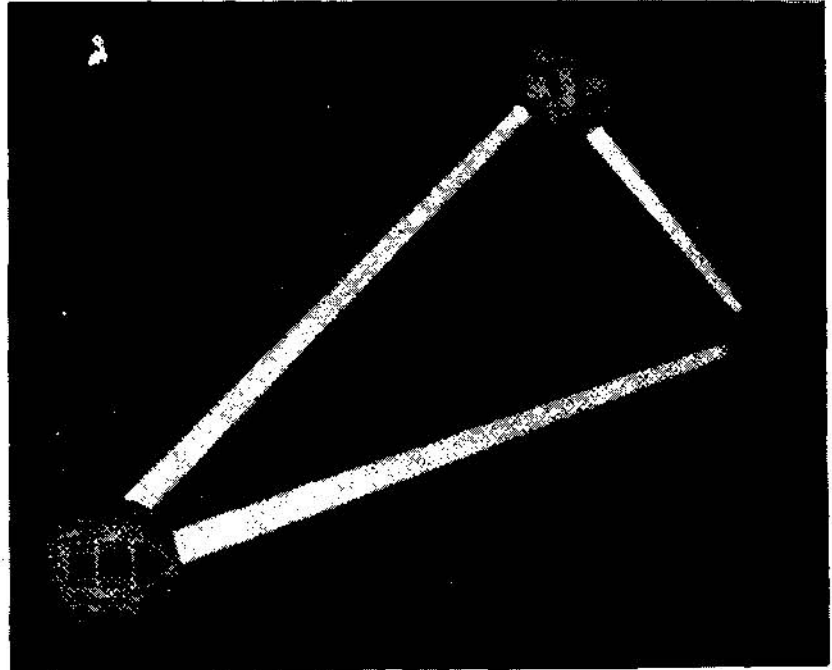
Geçtiğimiz yıllarda gelişmeler, optik aygıtların aritmetik veya mantık işlemci veya bellek olarak kullanıldığı sayısal hesaplamalarda odaklanmıştır. Bu araştırmaları, girdi ile doğrusal olmayan etkileşim yapabilecek bir optik malzemenin bulunamaması, engellemektedir. Bugüne kadar yeterince doğrusal olmayan bir malzeme bulunamamış veya bulunanlarınki, pratik uygulamalar için, çok zayıf kalmıştır.

Çalışmalar geleneksel devrelerin optik kullanılarak bağlanması üzerinde de devam etmektedir. Optik İletişim, bilgisayarların fiber optik ile iletişimi üzerinde önemli etkiler yaratmıştır.

Optik fiberlerin, iletim sırasında eşeksensiz tablolarındaki elektrik tellerinden çok daha az zayıflatma yarattığı bilinmektedir. Aynı zamanda, elektromagnetik ışınımına da daha dirençlidirler. Japonya (Hitachi 1987, Fujitsu 1988 ve NEC 1989) optik kabloları giriş/çıkış kanalları olarak bir süredir kullanıyor. Böyle kanallar 9 Mbit/san'e kadar veri iletim oranına sahiptir ve bu oran iki katında daha fazlaya çıkarılabilir. Çok uzun disk kanalları için yaklaşık 1 km ve elektriksel kanalların yaklaşık 8 katı kadar mesafelerde kullanılabilirler.

Dahası, optik bağlama yöntemleri kullanılarak bir yongayı diğerine bağlayabilirsek (optik çıkış yolları), 10 GigaBit seviyesine ulaşabiliriz.

Lazer demetleri birbirlerine karışmadan ya da birbirleriyle etkileşmeden oldukça karmaşık yollar izleyerek aynı yerden geçebilirler (en azından belirli büyüklükteki boyutlarda). Fourier dönüşümü tekrar mükemmel bir örnek olarak verilebilir. Dönüşüm sonucunda elde edilecek bir değeri bulabilmek için, kaynak düzlem üzerinde her noktayı kapsayan bir integral alınması gerekir, bir mercek bunu basitçe, temelde paralel işlem yapma özelliklerini kullanarak, gerçekleştirir. Bazı araştırmacılar, elektronik aygıtların ulaşabileceği paralel çalışma ve bağlanabilirlik özelliğinin.





optik uygulamalarda, 50 katına ulaşabileceğini söylemektedirler.

Japonya'nın aygıt teknolojisindeki uzmanlığı, bu konuda, diğer araştırma kurumlarından daha iyi sonuç elde etmelerini sağlayabilir. Kitayama NTT'deki araştırmaları anlatırken bunu çok iyi vurgulamıştır:

Gelecekteki uygulamaları farklılaşsa da, özel amaçlı donanımlar ilk olarak, elektronik kullanarak erişilemeyecek veri oranlarında çalışacak görüntü işlemcilerinde ortaya çıkacaktır. Olası bir durum, optik aygıtlar ve VLSI'in birlikte kullanılmasıdır. Optik sinir yongaları ise daha uzun vadeli bir amaçtır... Optik donanımın pratik uygulamalara geçirilmesi hala, çok uzak görünmektedir.

Optik bilgisayarları dört kategoride incelemek mümkün.

* Optik analog : 2 boyutlu Fourier dönüşüm veya optik korelatörler ve optik matris/vektör işlemciler içeren bilgisayarlar.

Genel Bir Bakış

Optik işlem yapma, deneysel optiğin, Fizik bilimlerinde sık karşılaşılan bir sorun olan deney düzeneğinin ve analizinin hassasiyeti ile sınırlı, bir dalıdır. Bu alandaki araştırmalar herhangi bir ülkede toplanmış değildir. Bell ve ABD laboratuvarlarında başlayan ilk çalışmalar, diğer birçok ülkede yapılan çalışmalarla devam etmiştir.

Optik aygıtların izin verdiği ölçüde, araştırma sonuçları, her yerde ulaşılması olası olmayan teknolojidense, araştırma gruplarının kendi planlama yaratıcılık ve dikkatlerine bağlıdır. Bazı bilim adamları "optik yongalardan bahsetmektedir. Japon araştırmacılar, büyük Japon endüstriyel laboratuvarlarının önemli kaynak ve temel teknolojik aygıt altyapısına ulaşma olanağına sahiptir. Benzer olanaklar ABD'de, Bell laboratuvarları gibi birkaç yerde vardır. Bu zamana kadarki görünüm sayısal işlem yapma alanında somut uygulamaların birkaç yıl daha uzakta olduğudur.

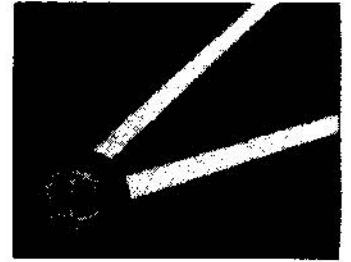
* Optoelektronik: Henüz olmayan; ancak; optik mantık kapıları veya iki boyutlu foto diyot dizileri kullanılarak yapılacak olan bilgisayar (bu tip aygıtlarda önemli nokta, yongalardaki ve diğer mantık kapılarındaki darbe gecikmelerini, optik bağlantılar kullanarak, azaltmaktır).

* Optik paralel sayısal: Sayısal elektroniği, esnekliği artırmak için, kullanan ve optik aygıtlardaki paralel işlem özelliğini öne çıkaran bilgisayarlar. 'Optik Sinirsel : Sinirsel ağ yapısının çok miktardaki bağlantılarını gerçekleştirmek için özel olarak tasarlanmış bilgisayarlar.

Belirli araştırmacılar arasında, gayet sağlıklı bir rekabet ortamı vardır. Örneği; Bell laboratuvarlarından Hwang, Seed (çekirdek) adını verdiği bir prensibe dayanan optik mantık kapıları üzerinde çalışırken, Takeshi Kamiya, NEC yaklaşımının optik işaretleri yükseltme gibi birtakım üstünlüklere sahip olacağını düşünmektedir.

Sinirsel İşlem Yapma ve Optik İşlem

Bir sinirsel bilgisayar ve ağ yapısı, birçok işlem yapan eleman veya düğümleri olan, ileri derecede paralel bir bilgisayardır. Düğümler oldukça basit işlemleri (genellikle, sadece, bir matris-vektör çarpımı) tekrar tekrar yapar. Sinirsel bilgisayarların bazı modelleri (şimdiye kadar hiç uygulanmamış), birbirine bağlı onbinlerce düğümden oluşmaktadır. Sinirsel bilgisayarlar giriş ve çıkış bitleri akıntısı biçiminde çalışırlar. Bilinen anlamda bir programlamaya ihtiyaç duymazlar; eğer programa ihtiyaç varsa bu düğümlerin bağlantılarındaki derecelerin dinamik değişimi ile oluşur.



Sinirsel ağ

yapısının önemli özelliği kendi içinde barındırdığı ileri derecede paralelliktir. Bu nedenle, yeni, paralel bilgisayarların sinirsel ağ yapısını bir uygulama olarak (ama tek uygulama değil) oluşturması doğaldır. Optik işlem araştırmacıları bu paralellığın, en iyi, tel kullanılan geleneksel devrelerdense, optik aygıtlar kullanılarak oluşturulacağına inanmaktadır. Bu nedenle, optik işlem ve sinirsel işlem alanları, birbirlerinden bağımsız gelişmiş olsalar da, kendi yararları için, bazen, bir araya gelmektedirler.

Bugün, sinirsel işlemlerin, özellikle optiğin katkısı olan, birçok uygulamaları görüntü işleme, ses, harf veya hedef tanıma veya benzer alanlardadır. Ancak, birkaç araştırmacı matris çarpımı yapabilen, düşük dereceli doğrusal eşitlikleri çözebilen optik aygıtları göstermiştir. Diğerleri, sinirsel modelleri daha genel durumlara uygulamaya çalışan makaleler

Sunulan en ilginç makalelerden birisi Mitsubishi'nin Optik Sinirsel Bilgisayarıydı. Hem endüstriyel hem akademik birçok araştırmacının optik yonga geliştirme çabası yanında Mitsubishi'nin çalışması çok etkileyiciydi. Araştırmanın başındaki Kazua Kyuma ve J. Ohta seri üretimi yapılabileceğini iddia ettikleri bir aygıt üretmişler.

yazmışlardır. 1990 sonbaharına kadar, sayısal modelleme problemlerine uygulanmış, veya uygulanması düşünülmüş, bir sinirsel ağ yapısı görmedim.

Yukarıda belirtildiği gibi, sinirsel bilgisayarı temel işlemi, bir giriş vektörünü (dizisini), elemanları, ağ yapısı "ağırlıkları" olarak adlandırılan bir matrisle çarpma işlemidir. Hem giriş vektöründe, hem de matrisin yer alan sayıların negatif olmadığı kabul edilmektedir.

Matris elemanları olan $W(i,j)$ değerlerinin 2 boyutlu bir ışık maskesi ve girişin de LED dizisi ile yapıldığını kabul edelim, v 'nin vektör bilgisinin laser diyotun veya LED'in ışık şiddeti ile belirlendiğini ve bu $v(j)$ ışığının W matrisinin j . kolununa düzgün dağıldığını varsayalım. $W(i,j) \cdot v(j)$ arkadaki veya maskenin çıkış yüzündeki i,j noktasındaki ışık şiddeti olacak şekilde yayılım olacaktır. W 'nin i . sırasındaki ışık şiddeti, ışık alıcı bir aygıt dizisinin i . elemanı üzerinde toplanacaktır. Eklenme yolu ile, çıkış dizisinin i . elemanı W 'nin i . sırası ile v 'nin i çarpımı

olacaktır. Böylelikle, matris vektör çarpımı oluşturulur.

Üzerinde durulan konulardan birkaçı ışık yayan demetlere bağlanabilecek giriş sayısını artırma, $W(i,j)$ matrisinin elemanlarının değerlerini değiştirmeye izin verecek bir mekanizma bulmaktır. Anlatılan matris-vektör çarpıcısı çıkış yeterince büyükse 1, değilse 0 veren bir nöronun parçasıdır. Bunu yapmak için de optik eşikleme gereksinim vardır.

"Optical Computing 80"

1990 uluslararası Optik İşlem Başlıklı Toplantı ve ilgili bir konuda fotenik anahtarlama birçok ülkeden katılımcıyı çekti. İlk gün, özellikle, J. Goodman (Stanford), D. Miller (AT & T Bell) ve H. Szu (NRL) tarafından verilen üç öğretici konuşmaya ayrılmıştı.

OC 90'da sunulan birçok makale veya ekleri "Optoelectronics" veya "Applied Optics" gibi dergilerde yayınlandı.

Yashiki Ichioka ve beraber çalışanlar (Osaka Üniversitesi) ve, veya gibi temel mantık işlemlerini gerçekleştirecek optik aygıtlar üzerinde yoğunlaşmışlar. Grup, mantık aygıtlarını gerçekleştirmek için birkaç yeni yol bulmuş. Onların "Opals" bilgisayar tasarımı bunları kullanıyor. Bu çalışmaların azından 1983'e dayanıyor ve Opals Japonya dışında da iyi biliniyor. Uygulama birkaç yeni çeşit aygıtın geliştirilmesini gerekli kıldığı için, pratik alana ulaşması birkaç yıl daha alacaktır.

Goodman ve çalışanları (stanford) optik bağlantılara sahip, 64 düğümlü ortak bellek kullanımlı çoklu işlem dizgesi, IBM RP3, simülasyonunu sunmuşlardır. Benzer şekilde NTT İletim Dizgeleri Laboratuvarı çalışanları (Matsumoto, Sakano, Noguchi, Swabe) 36 T800 kullanan bir dizge sunmuşlardır. Bu dizge, bir paralel işlem dizgesini boşluktaki optik bağlantılarla, yani bir yongadansa bir kutu içindeki gibi bağlantılarla, çalıştırmaktadır. Bu teknik gelişmeye elverişli görünmekle beraber henüz ilk aşamaları gerçekleştirilmiştir.

Sunulan en ilginç makalelerden birisi Mitsubishi'nin Optik sinirsel Bilgisayarıydı. Hem endüstriyel hem akademik birçok araştırmacının optik yonga geliştirme çabası yanında Mitsubishi'nin

çalışması çok etkileyiciydi. Araştırmanın başındaki Kazua Kyuma ve J. Ohta seri üretimi yapılabileceğini iddia ettikleri bir aygıt üretmişler.

Bu yonganın önemli bir özelliği iki kattan oluşması- diğer tasarımlar üç kat kullanıyor. Araştırmacılar duyarlılığı değişebilir bir fotodiyot kullanıyor. Dahası, yonga, giriş ve çıkış arasındaki bağlantıların ağırlıklarının dinamik olarak değişmesine olanak tanıyor.

Bu son özellik, verilen bir giriş için belirli bir çıkışı elde etmek üzere bağlantı ağırlıklarının ayarlanması, sinirsel ağ yapılarında, "öğrenme" için, temel özelliktir. Diğer birçok proje, ağırlıkları ayarlama yeteneğine sahip değildir.

Mitsubishi grubu, kabul edilebilir güç kullanım (1 watt'dan daha az) geniş bir (20dB) dinamik ağırlık aralığı, düşük optik karışma ile 1 cm-kare'de yaklaşık 1000 nöron içerebilecek seviyede bu yongalardan üretebileceklerini söylemektedir. Işık demetler büyük ölçeklerde belirgin ölçüde karışması da yonga boyutlarında karışma önemli olabilir. Araştırmacılar, böyle bir yonganın bir saniyede 1 tera (10^{12}) bağlantı yapabileceğini düşünmektedir.

SONUÇ

Optik işlem alanı henüz birkaç tane pratik uygulama üretmiş bir araştırma alanı olarak görülmektedir. İşlem yapmak için gerçek potansiyeli birkaç yıl daha uzaktadır. "Ve" kapılarının tartışılmasından, "Fortran" derleyicilerine kadar geçilmesi gereken basamak var. Buna rağmen, geri ödemesi yüksek, riski (bedeli) orta seviyeli bir araştırma alanıdır. Japonya Hükümeti Tsukuba'da bir optoelektronik laboratuvarı kurdu. Buradaki araştırmaların, optik işlem yapma, veya endüstriyel laboratuvarlardaki mevcut araştırma alanlarına kayması şaşırtıcı olmayacaktır.

Anahtar Kelimeler:

Optik işlem: Optical computing

Sinirsel İşlem: Neural computing

Nöron: Neuron

Sinirsel Ağ Yapısı: Neural network.