

Optik Bilgi İşleme

Özet - Optik, en basit tanımıyla, fiziğin ışıkla ilgili olayları inceleyen dalıdır. Optik bilgi işleme ifadesinden iki şey anlaşılabilir: Optik bilginin işlenmesi veya bilginin optik olarak işlenmesi. Bu makalede optik bilginin işlenmesinden söz edildikten sonra bilginin optik olarak işlenmesi ele alınmaktadır. Bilgi teknolojisinin dört ana unsuru bilginin iletimi, işlenmesi, saklanması ve algılanmasıdır. Optik lif kablolar, telefon konuşmaları ve bilgisayar verilerinin bir yerden bir yere iletilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kablosuz optik iletişimin de birçok uygulama alanı vardır; tüketici ürünlerindeki uzaktan kumandalar bunun bir örneğidir. Optik teknolojiler, bilginin saklanması konusunda da önemli yere sahiptir. Bunun en yaygın örneği optik disklerdir.

GİRİŞ

Optik, en basit tanımıyla, fiziğin ışıkla ilgili olayları inceleyen dalıdır. Bilindiği gibi ışık, insanlar tarafından algılanabilen veya buna yakın dalga boylarındaki elektromanyetik alanlara verilen addır. Optik bilgi işleme ifadesinden iki şey anlamak mümkündür: Optik bilginin işlenmesi veya bilginin optik olarak işlenmesi. (Optik bilginin optik olarak işlenmesi söz konusu olduğunda bu ikisi örtüşür). Burada kısaca optik bilginin işlenmesinden söz ettikten sonra esas konu olan bilginin optik olarak işlenmesine dönecektir. Optik bilgiyle kast edilen, zamana ve konuma bağlı ışık alanlarının taşıdığı bilgilerdir. Bunlar matematiksel olarak $f(x)$, $f(t)$, $f(x,y)$, $f(x,y,z,t)$ ve benzeri işlevlerle ifade edilebilir. Burada f ışık alan şiddetini veya güç yoğunluğunu, t zamanı, x,y,z ise uzay koordinatlarını göstermektedir. Işığın polarizasyonu, dalga boyu gibi bazı diğer özellikleri de ilgimizi çeken bilgiler taşıyabilirler. Gökbilimde uzaydan gelip bir teleskopun kamerasında sabitlenen bir görüntü, tıpta endoskopi gibi optik yöntemlerle elde edilen bir görüntü ve daha genel olarak ışık yoluyla gözümüze veya bir kameraya taşınan bütün görüntüler optik bilgiye örnektir. Optik lif kabloların içindeki zamana bağlı sinyaller veya değişik dalga boylarındaki soğurumu veya ışınımı gösteren spektroskopik ölçümler gibi görüntü oluşturmayan örnekler de vermek mümkündür. Optik bilgiler, değişik bozulma veya gürültülerin düzeltilmesi veya temizlenmesi, görüntülerin insanlar tarafından algılanmaya veya yorumlanmaya daha uygun veya çözümlenmeye hazır hale getirilmesi gibi amaçlarla işlenebilir. Optik bilginin işlenmesi günümüzde çoğunlukla sayısal elektronik bilgisayarlarla,

bazen de analog optik sistemlerle yapılmaktadır. Bu yazıda analog işleme ayrıntılı olarak ele alınacak, optik bilgilerin sayısal elektronik işaretler olarak işlenmesi ise ilgili diğer bölümlere bırakılacaktır.

Bilgi teknolojisinin dört ana unsuru bilginin iletimi, işlenmesi, saklanması ve algılanmasıdır. Optik lif kablolar, telefon konuşmaları ve bilgisayar verilerinin bir yerden bir yere iletilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kablosuz optik iletişimin de birçok uygulama alanı vardır; tüketici ürünlerindeki uzaktan kumandalar bunun bir örneğidir. Optik teknolojiler, bilginin saklanması konusunda da önemli yere sahiptir. Bunun en yaygın örneği optik disklerdir. Algılama konusunda ise, hem fotodedektör gibi noktasal algılayıcılar, hem de kamera gibi görüntü algılayıcıları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bilginin işlenmesi bugüne kadar optiğin en az kullanıldığı yer olmuştur.

Optik teknolojiler, bilginin iletimi ve saklanması konusunda, geçtiğimiz on yıllarda giderek daha büyük oranda elektrik ve elektronik teknolojilerinin yerini aldılar. Bazı araştırmacılar, aynı şekilde, optiğin bilginin işlenmesinde de giderek elektroniğin yerini alacağını savunuyorlar. Bu sav tartışmalı olmakla beraber çoğu kişi, en azından, optiğin elektronik bilgisayarların içinde giderek daha önemli bir rol üstleneceğini öngörüyor. En yaygın görüş, optiğin elektroniğin yerini alacağı değil, onu bütünleyeceği, optikle elektroniğin beraber kullanılacağı yönünde. Bunu vurgulamak için bazıları optik bilgi işleme yerine bilgi işlemede optik ifadesini yeğliyorlar.

Bilginin, işlenebilmesi için bir bilgisayarın içinde belli bir fiziksel nicelik olarak temsil edilmesi gerekir. Örneğin 5 sayısını, bir telden geçen elektrik akımı veya bir kondansatördeki elektrik yükünün miktarı, bir borudan geçen suyun debisi veya bir haznedeki su miktarı, bir kolun dönüş hızı veya konumu, mekanik veya akustik dalgaların yoğunluğu, veya bir ışık huzmesinin alan şiddeti veya yoğunluğu ile temsil edebiliriz. Bu şekilde temsil edilen bilgi, bilgisayar içinde bir yerden bir yere iletilebilir, değişik bilgilerle buluşabilir ve yapmak istediğimiz işlemlere tabi tutulur. Bir bilgisayarı elektronik, hidrolik, mekanik, akustik veya optik yapan bilginin neyle temsil edildiği ve hangi fiziksel prensiplerle işlendiğiyle ilgilidir.

Araştırmacılar oldukça uzun zamandır optik prensiplerle çalışan bilgi işleme sistemleri yapmayı hayal etmişlerdir. Ancak çeşitli nedenlerden ötürü bu alandaki başarılar özel amaçlı uygulamalarla sınırlı kalmış, genel amaçlı optik bilgisayarlar başarılı olamamıştır. Buna rağmen, özel amaçlı uygulamalarda elde edilen başarılar, bilgi iletimi, saklanması, ve algılanması dahil birçok başka önemli uygulaması olan optiğin temel

bilgisi ve kuramı içindeki yeri, elektronik ve optiğin beraber kullanılacağı bilgisayarların büyük potansiyeli, ve bazılarının bir gün gerçekleşeceğine inanmaya devam ettikleri genel amaçlı optik bilgisayarların hayali nedeniyle, optik bilgi işleme önemli bir araştırma konusu olmaya devam etmektedir.

ANALOG OPTİK BİLGİ İŞLEME

Analog optik bilgi işlemede bilgi, genel olarak ışık ışınının alan şiddeti veya güç yoğunluğu ile temsil edilir. Daha seyrek kullanılmakla beraber, bilginin polarması veya dalga boyu gibi parametrelerle temsil edilmesi de mümkündür. Optik olarak iki sayıyı toplamak için ışık şiddeti ayarlanabilir iki ışık kaynağı ve bir ışık ölçerden yararlanabiliriz. Işık kaynaklarını toplanacak sayılarla orantılı şiddete ayarlayıp, ikisinden çıkan ışınları üst üste ışık ölçerin üstüne düşürürsek, ışık ölçerin göstergesinden toplama işleminin sonucunu okuyabiliriz.

Optik olarak iki sayıyı çarpım için, çarpılacak sayıyı bir ışının şiddetiyle, çarpan sayıyı ise yarı saydam bir maddenin geçirgenliğiyle temsil edelim. Örneğin eğer çarpan 0 ise saydam hiç ışık geçirmesin; eğer çarpan 1/2 ise yarısını geçirsün vb. Çarpılacak sayıyı temsil eden ışığı bu saydamın içinden geçirip bir ışıkölçerin üstüne düşürdüğümüzde, ışık ölçerde çarpma işleminin sonucunu okuyabiliriz. Bu yöntem çarpan sayıyı 0 ile 1 arasına sınırlıyorsa da, basit bir oranlama ile genellenmesi mümkündür. Ardışık çarpma ve toplama işlemleri cinsinden ifade edebildiğimiz her problemi, bu ardışık işlemleri gerçekleştirecek optik devreler kurarak çözebiliriz. Dahası, tek tek sayıları toplama ve çarpmanın ötesinde, çok büyük çözünürlüklü görüntüleri de bir anda toplamak ve çarpım mümkündür. Ama analog optik bilgi işleminin esas önemi, *Fourier* dönüşümü adıyla bilinen görece karmaşık bir işlemin, basit ince kenarlı bir mercekle yardımıyla kolayca gerçekleştirilebilmesinden kaynaklanıyor.

Fourier dönüşümü süzgeçlemeyi bir çarpma işlemine indirgeyerek çok hızlı gerçekleştirmiş olanaklar. Böylesine önemli bir işlemin çok kolay, düşük maliyetle, ve çok büyük hızla gerçekleştirilebilmesi birçok uygulamaya olanak tanımaktadır. Bu uygulamaların önemli bir kısmı süzgeçleme adı verilen bir işleme dayanmaktadır. *Fourier* dönüşümü, süzgeçleme işlemi, çok kolaylıkla yapılabildiğini gördüğümüz çarpma işlemine indirgememize olanak tanır. Böylece, büyük çözünürlüklü görüntüleri, sayısal elektronik bilgisayarlardan çok daha hızlı bir şekilde süzgeçlemek mümkün olmaktadır. Bu yöntemin en zayıf yanı, bütün analog sistemlerde olduğu gibi, üst üste çok sayıda işlemin yapılmasını gerektiren durumlarda, gürültüden kaynaklanan hataların denetimsiz şekilde artmasıdır.

Süzgeçleme yoluyla yapılabilecek işler arasında görüntü tanıma, bilgiyi gürültü ve bozulmalardan arındırma, ve gürültüye gömülü sinyalleri tanıma sayılabilir. Örneğin, diyelim elimizde bir aslan fotoğrafı var ama görüntünün Üzerinde istenmeyen eşit aralıklı paralel çizgiler bulunuyor (fotoğraf bir kafesin arkasından çekilmiş olabilir). Bu kusur uygun bir süzgeçleme işlemi ile giderilerek paralel çizgiler görüntüden çıkarılabilir. Veya hızla hareket eden bir hayvanın fotoğrafını çektiğimizi düşünelim. Eğer enstantane yeterince hızlı değilse görüntü bulanık çıkacaktır. Bu kusur da yine uygun bir süzgeçleme işlemiyle giderilebilir ve net görüntü elde edilebilir.

Süzgeçlemenin temeli olan *Fourier* dönüşümünü optik olarak gerçekleştirmek son derece kolaydır. Dönüşümü alınacak görüntünün, diyelim sağ tarafına, ince kenarlı bir mercekle konur. Görüntü ile mercekle arasındaki uzaklık, merceğin odak uzaklığı kadar olmalıdır. Dönüşüm, merceğin sağında, yine odak uzaklığı kadar ilerde gözlenir. Bu sonuç, ışığın yayılması ve merceklerden geçmesi ile ilgili fiziksel prensiplerin doğrudan bir sonucudur. Dikkate değer olan, çok yüksek çözünürlüklü görüntülerin dönüşümünün bile, ışığın sistemin bir tarafından çıkıp diğer tarafına gidene kadar geçen zamanda elde edilebilmesidir. Tipik bir süzgeçleme düzeneği, ardışık iki *Fourier* dönüşümü düzeneği arasına yerleştirilmiş, görüntü üzerinde istenen işlemleri gerçekleştirecek şekilde seçilmiş yarı geçirgen bir saydamdan oluşur.

Optik sistemlerle bu tür işlemlerin yapılabileceği çok eskiden beri bilinmekteydi. Ellili yıllarda, *Fourier* dönüşümüne dayalı işlemlerin ilk örneklerini görsek de, istenen özelliklere sahip kaliteli ışık kaynaklarının yokluğu önemli bir engeldi. Altmışlarda gerçekleştirilen lazerler bu eksikliği giderdiler. Elektrik mühendisliği bünyesinde gelişen haberleşme ve sinyal işleme ile ilgili temel kavramların optik sistemlere uygulanması da yine bu zamanlarda gerçekleşti. Bu iki unsurun bir araya gelmesi analog optik bilgi işleminin önünü açtı ve takip eden on yıllarda önemli bir araştırma birikimi oluşmasına olanak tanıdı.

Altmışlarda, giderek daha karmaşık sistemlerin geliştirildiğini görüyoruz. Bunlardan bazıları, o zamanlar henüz çok düşük kapasiteye sahip sayısal elektronik bilgisayarların gücünün yetmediği bazı büyük problemleri çözmek için kullanılmıştı. Akusto-optik aygıtların, elektriksel sinyalleri optik sinyallere çevirmek ve bu şekilde onları işlemek için kullanıldıkları yaklaşımlar da yine bu dönemde başlamıştır. Yine altmışlarda, büyük ilgi görecektir olan holografik uyumlu süzgeçlere dayalı görüntü tanıma uygulamalarının başlangıcını görüyoruz.

Yetmişli yıllar, yukarda söz ettiğimiz konulardaki araştırmaların devamına ek olarak, matris işleme sistemlerinin gelişmesine tanıklık etmiştir. Bu sistemler uzay koordinatlarını ayırık değişkenler olarak görmeleri bakımından, daha sonra ortaya çıkacak bazı sayısal optik sistemlere de yol göstermişlerdir

Seksenli yılların analog optik bilgi işleme açısından görece duraklama yılları olduğu söylenebilir. Sınırlı ve özel amaçlı başarılar olmasına karşın, büyük ticari başarıların elde edilememiş olması, gerek araştırmacılar, gerek maddi destekçileri arasında hayal kırıklığı yaratmıştır. Bu dönemde birçok araştırmacı sayısal optik bilgi işleme ve optik arabağlantılar alanlarına kaymıştır. Bu duraklama döneminden sonra analog optik bilgi işleme alanında en çok ilgi çeken konu doksanlı yıllarda gündeme gelen kesirli *Fourier* dönüşümü olmuştur.

Doksanlar boyunca yoğun ilgi gören kesirli *Fourier* dönüşümü, sıradan *Fourier* dönüşümünün daha genel halidir. Bir fonksiyonun sıfırıncı kesirli *Fourier* dönüşümünü almak, o fonksiyon üzerinde hiçbir işlem yapmamaya karşı gelmektedir. Birinci kesirli *Fourier* dönüşümü ise sıradan *Fourier* dönüşümü ile çakışmaktadır. Yarımını *Fourier* dönüşümü ise, iki kere tekrarlandığında, sıradan *Fourier* dönüşümüne karşı gelmektedir; çeyreğinci dönüşüm ise dört kere tekrarlandığında. Kesirli *Fourier* dönüşümü de, tıpkı sıradan *Fourier* dönüşümü gibi, bir ince kenarlı mercekle yardımıyla gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenle, analog optik bilgi işlemede yaygın olarak kullanılan birçok sistemin genelleştirilebilmesi mümkündür. Örneğin, sıradan süzgeçlemenin ötesinde kesirli süzgeçlemeden söz edilmeye başlanmıştır. Bu genelleştirmeler, analog optik bilgi işlemeye önemli ölçüde esneklik getirmiştir.

Bu kısım kapatmadan önce kısaca da olsa analog optik bilgi işleminin önemli bir parçası olan holografiden söz edeceğiz. Holografi yaygın olarak üç boyutlu fotoğrafçılık ile eşanlamlı olarak düşünülmektedir. Günlük hayatta cisimleri, üzerlerinden yansıyan ışığın gözümüzdeki sınırları uyarması sonucu algılarız. Holografi, bu yansıyan ışık dalgalarının kaydı ve tekrar üretilmesidir. Böylece kaydı yapılan (hologramı çekilen) cismin yokluğunda bile, aynı ışık dalgalarının üretilmesiyle o cismin orada olduğu sanısı uyandırılabilir. İdeal olarak holografta yeniden üretilen dalgalar, cisimden gerçekten yansıyan dalgaların tıpkısı olduğu için, cisim üç boyutlu algılamamıza olanak tanıyan derinlik bilgisi de korunmuş olur. Oysa normal fotoğrafçılıkta, cismin üzerinden yansıyan ışığın sadece iki boyutlu izdüşümü kaydedilir ve derinlik bilgisi kaybedilir. Holografinin gelişimi optik bilgi işleminin gelişimine koşut olmuştur. Üç boyutlu gö-

rüntülerin kaydedilmesinden öte, bilginin yoğun biçimde saklanması, ve ışık ışınlarının karmaşık doğrultularda yönlendirilmesi gibi başka önemli uygulamaları da vardır. Holografinin eski bir hedefi olan üç boyutlu televizyonun önümüzdeki on veya yirmi yıl içinde ortaya çıkması sözkonusu olabilir.

SAYISAL OPTİK BİLGİ İŞLEME

Bugün bilgisayar denince akla ilk gelen, çevremizde görmeye alıştığımız genel amaçlı sayısal bilgisayarlardır. Optik prensiplere dayalı sayısal bilgisayarlar yapmak ve bunların elektronik benzerlerinden üstün olabileceği düşüncesi yeni değildir. Önceleri, optik bilgisayarların belirleyici özelliğinin, elektronik yerine optik tranzistörlere ve mantık kapılarına sahip olmaları olacağı düşünülmüştür. Gerçekten de elektronik tranzistörlere ve mantık kapılarına benzer veya eşdeğer işlevler gören ve onların yerini alabilecek doğrusal olmayan optik aygıtlar yapmak ve bunları elektronik tümesik devre teknolojisinde olduğu gibi oldukça büyük yoğunluklarda üretmek mümkündür. Bu tür doğrusal olmayan optik aygıtların geliştirilmesine çok büyük emek harcanmıştır. Elektronik bir tranzistör veya mantık kapısının girdileri ve çıktıları elektrik akımları veya potansiyelleri iken, optik tranzistör veya mantık kapılarının girdi ve çıktıları ışık ışınlarıdır. Akım-var ve akım-yok yerine ışık-var ve ışık-yok ile sayısal nicelikleri temsil etmek ve ışıkla maddenin etkileşimiyle ilgili fiziksel prensiplere dayanarak istenen mantık kapılarını gerçekleştirmek mümkündür.

Prensipde, çok sayıda optik mantık kapısını karmaşık optik devreler halinde bir araya getirerek, elektronik bilgisayarlara benzer bir mimari yapıda optik bilgisayarlar meydana getirmek mümkündür. Ancak, bu yaklaşımla üretilecek bir optik bilgisayardan fazla verim beklemek doğru olmaz. Unutulmamalıdır ki elektronik bilgisayar mimarisi ve tasarımı, elektronik teknolojinin güçlü ve zayıf yanlarına uygun şekilde evrimleşmiştir. Bunun en önemli örneği, modern bilgisayar mimarisinin en önemli unsurlarından birisi olan *Von Neumann* mimarisidir. Gerek fiziksel, gerek teknolojik nedenlerle, optik ve elektronik güçlü ve zayıf yanları birbirinden çok farklıdır. Optik bilgisayarların, optiğin güçlü ve zayıf yanlarına uygun bir mimari yapı içinde tasarlanmaları gerekir.

Bu düşünceyle öne sürülmüş birçok optik bilgisayar mimarisi vardır. Bunların bir kısmı yine mantık kapılarına dayalı iken, daha değişik yaklaşımlar da incelenmiştir. Optik örüntülerin birbirini gölgelemesine dayalı yaklaşımlar, cebirsel işlemlere veya simgelerle belirlenmiş kurallara göre birbirinin yerine konmasına dayalı yaklaşımlar bunlardan sadece ba-

zıdır. Optik bilgisayarlar fiziksel olarak, tümleşik elektronik devrelere benzer iki boyutlu optik devrelerden oluşabileceği gibi, ayrı fiber optik kablolarla bağlanmış optik aygıtlardan da oluşabilir. Ama en çok ilgi çeken ve ümit verici olan, ışık ışınlarının boşlukta yol almalarına dayalı sistemlerdir. Böyle bir sistemde tipik olarak, aktif aygıtların (örneğin tranzistör veya mantık kapılarının), bir matris düzeninde dizili olduğu bir düzlem vardır. Bu düzlem elektronik tümleşik devrelere benzer yöntemlerle üretilir; binlerce optik aygıtın tümleşimi gerçekleştirilebilmektedir. Bu aygıtların girişleri düzlemin bir tarafından, çıkışları diğer tarafındadır. Sıfır veya bir değerlerini temsil eden ışık-yok veya ışık-var şeklindeki ışınlar, işleme tabii olacakları mantık kapısının üstüne düşerler. Mantık işleminin sonucunu temsil eden bir ışın düzlemin diğer tarafından çıkar. Bütün aygıtları birden düşünürsek, düzlemin giriş tarafından çok sayıda ışın, ikiye üçer mantık kapılarının üstüne düşüyor ve düzlemin çıkış tarafından, yapılan mantık işlemlerinin sonuçlarına karşı gelen çok sayıda ışın yayılıyor. Sonra, çıkış tarafından yayılan ışınlar, aynalar, prizmalar, ve mikro mercekler yardımıyla, tekrar aktif aygıt düzleminin giriş tarafına geri besleniyor, bilgisayarın devre şemasına uygun olarak mantık kapılarına yönlendiriliyor. Elektronik bilgisayarların aksine, teller veya kablolar yok. Işınlarla taşınan bilgi boşlukta yol alıyor ve ayna, prizma, mercek gibi optik elemanların yönlendirmesiyle bağlantılar gerçekleştiriliyor.

Tarif ettiğimiz yapıda teller olmadığı ve ışık ışınları birbirlerinin içinden geçebildikleri için kısa devre sorunu yoktur. Bugünkü üretim teknolojisi sonucu iki boyutlu düzlemlere hapsolmuş elektronik devrelerin tersine, üç boyutlu karmaşık ve yoğun devreler gerçekleştirilebilir. Bu tür optik yapılar çok sayıda işlemin aynı anda yapılabilmesi anlamında paralel mimari özellikleri gösterirler ve bu nedenle paralel algoritmaların uygulanmasına özellikle uygundur.

Optik tranzistörlerin, mantık kapılarının, anahtarların, veya bunların yerini tutan diğer doğrusal olmayan aygıtların en sorunlu yanı genel olarak yüksek enerji tüketmeleridir. Doğrusal sistemlerle çözülebilecek problemler sınırlıdır, çözmek isteyeceğimiz birçok problem doğrusal olmayan aygıtlar gerektirir; tranzistörler ve mantık kapıları bu görevi görür. Doğrusal olmayan optik işlemlerin yüksek enerji gerektirmesi genelde fotonların ve elektronların farklı özelliklerine bağlıdır. Fotonlar bozon, elektronlar ise fermiondur. Elektronlar arasında kuvvetli etkileşimler varken, fotonlar arasında bu tür etkileşimler yoktur. Fotonlar pratikte ancak araya maddenin, elektronların girmesiyle etkileşirler.

Yaklaşık yirmi-otuz yıl önce yapılan bazı çalışmalar, optik aygıtların yüksek enerji tüketimleri sonucu ortaya çıkacak ısının çokluğundan dolayı optik bilgisayarların başarılı olamayacağını savundular. Bu savlar oldukça etkili oldu. Seksenlerde ve doksanlarda birçok araştırmacı, optik bilgisayarlarla uğraşmaktan vazgeçip, bir sonraki kısımda ele alacağımız optik arabağlantılar konusunda çalışmaya başladılar. Gerçekten de yakın gelecekte optik arabağlantıların kullanıldığı bilgisayarlar görme olasılığımız, tamamen optik bilgisayarlar görme olasılığımızdan oldukça yüksek. Bununla beraber, optik bilgisayar hayalinin sona erdiğini söylemek doğru olmaz. Öncelikle, optiğin güçlü yanlarını en iyi öne çıkartan mimarinin nasıl olması gerektiği konusunda fikir birliği olmasa da, değişik seçenekler konusunda önemli bir birikim ortaya konmuş durumda. Optik bilgisayarlara olan ilgiyi azaltan ısı transferine dayalı savlar ise bugün değişik bir gözle yorumlanmakta. Daha düşük enerji tüketen optik aygıtlar yapılabildiği gibi, daha önemlisi, artık bilgisayarlarda toplam ısı tüketiminin çoğunun aygıtlar tarafından değil, arabağlantılar tarafından yapıldığı anlaşıldı ve optik arabağlantılar elektrik arabağlantılardan oldukça daha az enerji tüketimine yol açabiliyor. Ayrıca, bir optik tranzistör veya mantık kapısının, aslında girişine ışık alıcısı, çıkışına ışık kaynağı tümleştirilmiş elektronik bir tranzistör veya mantık kapılarının da optik olmaması için fazla neden kalmıyor.

Sayısal bir bilgisayarda görmeyi beklediğimiz çoğu unsuru bir araya getiren ilk optik bilgisayarlar, laboratuvar ortamında, doksanların başında çalıştırılmıştır. Yine benzer zamanlarda, haberleşme santralleri için anahtarlama işlevini gerçekleştiren sistemler de başarıyla çalıştırıldı. Genel amaçlı optik sayısal bilgisayarların çok yakında yaygın olarak görülmesi çok olası olmayabilir. Ancak, giderek haberleşme altyapısına hakim olan optik iletişim sistemlerinin, anahtarlama aşamasında elektroniğin hantallığı yüzünden, potansiyel kapasitelerinin çok altında çalışıyor olması, optik anahtarlama sistemlerine büyük ilgi gösterilmesine neden olmaktadır. Bu nedenle, fiber optik altyapıyla tümleştirilmiş optik haberleşme anahtarlama sistemleri olasılıkla optik bilgisayarların ilk örneği olacaktır.

OPTİK ARABAĞLANTILAR VE OPTO-ELEKTRONİK BİLGİSAYARLAR

Karmaşık bir problemin çözümü, birçok aritmetik-mantık işleminin aynı anda yapılmasını ve bunların sonuçlarının uygun şekilde birleştirilerek tekrar aritmetik-mantık işlemlerine tabi tutulması ve bu şekilde devam eden bir döngüyü gerektirir. Bu nedenle bilginin nasıl temsil edildiği ve aritmetik-mantık işlemlerinin nasıl gerçekleştirildiği kadar önemli bir konu da, karmaşık bir bilgisayarın birimleri arasında bilginin nasıl ileri-geri iletileceğidir. Seksenlerden önce daha az önemsenen bilgisayar içi iletişim konusu, giderek artan bir önem kazanmıştır. Bunun nedeni, büyük bilgisayarların birimlerini birbirine bağlayan arabağlantıların (teller, kablolar vb.), bilgisayarın gücünü ve hızını sınırlayan temel unsur haline gelmesi. Bu ise yaygın olarak kullanılan bakır, alüminyum ve benzeri malzemelerden yapılan tellerin, elektrik akımına direnç göstermek, kısa devre yapmak ve bunun gibi istenmeyen özelliklerinin sonucu. Arabağlantılar artık aygıtlardan daha çok yer kaplıyor, daha çok enerji tüketiyor ve daha çok gecikmeye yol açıyorlar.

Optik ve elektroniğin güçlü ve zayıf yanları olduğundan söz etmiştik. Elektronlar fotonların aksine, birbirleriyle kuvvetli etkileşimlere girdikleri için, elektronik doğrusal olmayan aygıtlar optik olanlardan daha az enerji tüketebilirler. Ayrıca, optik aygıtlar elektronik aygıtlar bundan çok daha küçük de olabilirler. Öte yandan, elektriksel direnç ve kapasitans etkileri elektrik tellerinin ve bağlantılarının performansını olumsuz etkiler, sinyal gecikmelerine neden olur. Yine elektrik bağlantıları, sistem büyüdükçe, optik bağlantılardan daha çok yer işgal eder ve ısı üretirler. Elektriksel bağlantılarda hatlar arası istenmeyen etkileşimler görülür ve kısa devre nedeniyle hatlar çakışmadan birbirlerinin etrafından dolaşmak zorundadır. Oysa optik bağlantılarla boşlukta üç boyutlu çapraşık devreler ve paralel yapılar gerçekleştirmek mümkündür. (Elektriksel bağlantıların olumsuz yönlerinin sadece bazılarının süper iletken teller kullanılarak giderilebildiğini belirtmekte de yarar var.) Bu ve benzer nedenleri bir araya getiren araştırmacılar, seksenlerin ilk yarısında, optik arabağlantılı elektronik bilgisayar fikrini savunmaya başladılar. Doğrusal olmayan işlevlerin elektronik tranzistör veya mantık kapıları tarafından yapılmasını, bunlar arasındaki bağlantıların ise optik olarak gerçekleştirilmesini savundular. Hem optiği, hem elektroniği bir arada kullanan bu sistemlere optoelektronik bilgisayar da denmektedir. Böylece optiğin ve elektroniğin birbirlerinin zayıf yanlarını kapattığı düşünülmektedir.

Daha evvel değindiğimiz gibi, bu savları tamamen optik bilgisayarları destekleyecek yöne çekenler de

vardır. Madem arabağlantılar giderek önem kazanıyor ve mantık kapılarının ürettiği ısı, kapladığı yer, ve hız üzerindeki etkisi, arabağlantıların yanında giderek önemsiz kalıyor, bağlantıları optik yaptıktan sonra, mantık kapılarını da optik yapmamak için fazla neden kalmamaktadır. Ancak bu görüş yaygın kabul görmemektedir. Daha çok sorulan soru, optik arabağlantıların, bağlantı hiyerarşisinin hangi düzeyinde kullanılacağıdır. Bütün tranzistörler arası bağlantılar optik olarak mı gerçekleştirilmeli, yoksa tranzistörler arasında yine elektriksel bağlantılar kullanılıp, yongalar arası bağlantılarda mı optik kullanılmalı, veya optik ancak daha büyük altbirimlerin arasındaki bağlantılar için mi kullanılmalı? Bu konuda çeşitli modelleme çalışmaları değişik sonuçlar vermekle beraber, optiğin hiç değilse bir santimetreye kadar inen bağlantıları yapmak için kullanılabilmesi doğrultusunda deliller olduğu söylenebilir.

Optik arabağlantıların bilgisayarlar içinde nasıl yer alabileceğini somutlaştıran bir örnek verelim. Elektronik bilgisayarlarda çok sayıda tümeşik devre, bir baskılı devre üzerinde elektriksel olarak birbirine bağlanır. Baskılı devre kullanmak yerine, bunlar arasında optik arabağlantılar gerçekleştirmek için, tümdevrelerin üzerinde optik vericiler ve alıcılar bulunmalıdır. Bu verici ve alıcıların elektronik devrelerin yanına veya üstüne yerleştirilmesi konusunda başarılı çalışmalar yapılmıştır. Vericilerden çıkan ışık, aynalar, prizmalar ve mikro merceklerle, bağlantı yapmak istenen noktadaki ışık alıcılarına yönlendirilir. Böylece istenen bağlantılar gerçekleştirilmiş olur. Tümdevrelerin yan yana dizili olduğu düzlemin üstünde çok sayıda, baskılı devre üzerinde mümkün olamayacak kadar, çapraşık bağlantı gerçekleştirilebileceği gibi, bunların hızı daha yüksek, enerji tüketimi daha düşük olur.

YAPAY SİNİR AĞLARI, NANOBİLGİSAYARLAR VE DİĞER YENİ YAKLAŞIMLAR

Optiğin bilgi işlemede kullanımı yukarıda anlatılanlarla sınırlı değildir. Yapay sinir ağları, hayvanların beyinlerinin yapısından esinlenilerek tasarlanan yapay sistemlerdir. Yaygın olarak kullanılan sayısal bilgisayarlar, insan beyninden çok farklı prensiplere dayalı olarak çalışırlar. Bu nedenle de hayvan beyinlerinden çok farklı özellikler gösterirler. Yapay sinir ağlarının en önemli özelliği (hayvan beyinleri gibi), çok sayıda işlemin aynı anda yapılması ve işlem birimleri arasında çok sayıda ve çapraşık bağlantı bulunması. Daha evvel gördüğümüz gibi optik, bu tür bağlantıların verimli ve etkin olarak gerçekleştirilmesi için son derece uygun olduğundan, bu tür bilgisayarların yapımında optiğin önemli bir rol oynaması beklenebilir.

Önümüzdeki on yıllarda bilgisayarların yapısında önemli değişiklikler görmemiz olası. Atomik ölçeklerde, kuantum ve biyolojik etkilere dayalı, atomların tekil ve çoğul davranışlarına değişik şekillerde bağlı olan bilgi işleme sistemleri üzerinde çok sayıda çalışma yapılıyor. Bu sistemler, tellerle (veya optik bağlantılarla) bağlanmış tranzistörler (veya diğer doğrusal olmayan aygıtlar) paradigmasının ötesinde yapılar içeriyor. Bilginin bir yerden bir yere ulaştırılmasında elektromanyetik dalgaların önemli bir yeri olduğunu ve belli bir bilgi yoğunluğunun sağlanması için en az optik frekansların kullanılacağını düşünürsek, optiğin bu bilgisayarlarda rol oynayabileceğini öngörebiliriz.

SONUÇ

Orta vadede, özellikle yüksek güçlü bilgisayarların içinde, birimler arası iletişimde ışığın kullanılmasına oldukça kuvvetli bir olasılık olarak bakabiliriz. Bu sayede bugün olandan daha hızlı ve güçlü bilgisayarların yapılması mümkün olacaktır. Böylece optik, bilginin iletilmesi, saklanması, ve algılanmasında olduğu kadar, işlenmesinde de önemli bir rol oynamış olacak ve bilgi teknolojisinde daha da önemli bir yere sahip olacaktır. Tamamen optik genel amaçlı sayısal bilgisayarların gerçekleşip gerçekleşmeyeceği ise daha belirsiz bir konudur.

Kaynakça

- M. A. G. Abushagur ve H. J. Caulfield, editörler, Selected Papers on Fourier Optics (SPIE Milestone Series 105). SPIE Optical Eng. Press, Bellingham, Washington, 1995.
- H. H. Arsenault ve Y. Sheng, An Intr. to Optics in Computers (Tutorial Texts in Optical Engineering 8). SPIE Optical Engineering Press, Bellingham, Washington, 1992.
- Dror G. Feitelson, Optical Computing. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1988.
- J. W. Goodman. Four decades of optical information processing, Optics and Photonics News, sayfa 11-15, Şubat 1991.
- J. W. Goodman, Introduction to Fourier Optics, ikinci basım. McGraw-Hill, New York, 1996.
- H. S. Hinton, An Introduction to Photonic Switching Fabrics. Plenum Press, New York, 1993.
- J. Horner, editör, Optical Signal Processing. Academic Press, San Diego, 1987.
- K. Iizuka, Engineering Optics, ikinci basım. Springer, Berlin, 1987.
- J. Jahns ve S. H. Lee, editörler, Optical Computing Hardware. Academic Press, San Diego, 1994.
- M. A. Karim ve A. A. S. Awwal, Optical Computing: An Introduction. Wiley, New York, 1992.
- A. W. Lohmann, Optical Information Processing (lecture notes). Optik+Info, Post Office Box 51, Uttenreuth, Al-manya, 1986.

- A. D. McAulay, Optical Computer Architectures. Wiley, New York, 1991.
- D. A. B. Miller. Computing with light, 1995 Yearbook of Science and the Future, sayfa 134-147, Encyclopedia Britannica, Chicago, 1994.
- H. M. Özaktas. Optik bilgi işleme: Işıklı çalışan bilgisayarlar, Bilim ve Teknik, sayfa 335-340, Mayıs 1993.
- H. M. Ozaktas. Toward an optimal foundation architecture for optoelectronic computing. Part I: Regularly interconnected device planes. Part II: Physical construction and application platforms, Applied Optics, 36:5682-5705, 1997.
- H. M. Ozaktas, Z. Zalevsky, ve M. A. Kutay, The Fractional Fourier Transform with Applications in Optics and Signal Processing. Wiley, New York, 2001.
- A. Papoulis, Systems and Transformations with Applications in Optics. McGraw-Hill, New York, 1968.
- B. E. A. Saleh ve M.C. Teich, Fundamentals of Photonics. Wiley, New York, 1991.
- A. VanderLugt, Optical Signal Processing. Wiley, New York, 1992.
- F. T. S. Yu, Optical Information Processing. Wiley, New York, 1983.
- F. T. S. Yu ve S. Jutamulia, Optical Signal Processing, Computing, and Neural Networks. Wiley, New York, 1992.
- F. T. S. Yu ve S. Jutamulia, Editörler, Optical Pattern Recognition. Cambridge University Press, Cambridge. 1998.
- Applied Optics, Optical Engineering, Proceedings of the IEEE dergilerinin Optical Information Processing, Optical Computing, Optics in Computing, ve Optical Interconnections konularına ayrılmış özel sayıları.

Haldun ÖZAKTAŞ

[Bilkent Üniversitesi]

Otomatik Konuşma Tanıma Projeleri (Türkiye’de)

Özet - Bu yazıda “otomatik konuşma tanıma” kavramı kısaca açıklandıktan sonra, otomatik konuşma tanıma uygulaması içeren bir projenin çağrı merkezleri için taşıdığı önem ve bu tür bir projenin uygulama aşamaları açıklanmış, Türkiye’deki ilk otomatik konuşma tanıma projesi örnekleri belirtilmiştir.

1. GİRİŞ

Otomatik konuşma tanıma, bir bilgisayarın çok çeşitli kullanıcılar tarafından söylenen sözleri anlayabilmesidir. Bilgisayar, konuşularak verilen komutu (ya da yanıtı) anlar ve bu doğrultuda bir sonraki adımı gerçekleştirir. Dikte yazılımlarının aksine, konuşma tanıma yazılımı yalnızca tek bir kişinin söylediklerini anlayacak biçimde değil, uygulamanın anlamak üzere

TÜRKİYE BİLİŞİM ANSİKLOPEDİSİ

Başeditörler:

Tuncer ÖREN (Prof. Dr.)

Ottawa Üniversitesi

Tuncer ÜNEY

Türkiye Bilişim Vakfı

Rifat ÇÖLKESEN (Dr.)

Beykent Üniversitesi

© PAPATYA YAYINCILIK EĞİTİM
BİLGİSAYAR SIS. SAN. VE TİC. A.Ş.
İnönü Cad. Hacıhanım Sok. 10/6, 80090, Gümüşsuyu/İstanbul

Tel : (212) 245 37 40, (532) 311 31 10
Faks : (212) 245 37 41
e-posta : bilgi@papatya.gen.tr
Web : http://www.papatya.gen.tr
http:// www.papatya.info.tr

TÜRKİYE BİLİŞİM VAKFI

Valikonağı Cad. 147/14, 34363, Nişantaşı/İstanbul

Tel : (212) 296 81 46
Faks : (212) 296 81 48
e-posta : info@tbv.org.tr
Web : http://www.tbv.org.tr

Türkiye Bilişim Ansiklopedisi - Baş editörler: T. ÖREN, T. ÜNEY ve R. ÇÖLKESEN

1. Basım Haziran 2006

Yayın Danışmanı : Dr. Cengiz UĞURKAYA
Türk Dili : Necdet AVCI ve Cenk GÜNDOĞDU
Üretim : Erdal GÜVEN
Sayfa Düzenleme : Papatya & Kelebek Tasarım (Olca KAYA)
Kapak Tasarım : Papatya & Kelebek Tasarım (Nurdan HATİPOĞLU)
Ana Dağıtım : Toros Kitap Dağıtım (212-520 42 25)
Basım ve Ciltleme : Altan Basım Ltd. / İstanbul

© Bu kitabın her türlü yayın hakkı Papatya Yayıncılık Eğitim ve Türkiye Bilişim Vakfı'na aittir. Yayınevinden ve Türkiye Bilişim Vakfı'ndan yazılı izin alınmaksızın alıntı yapılamaz, kısmen veya tamamen hiçbir şekil ve teknikle ÇOĞALTILAMAZ, BASILAMAZ, YAYIMLANAMAZ. Ancak, akademik amaçla kaynak gösterilerek alıntı yapılabilir. Kitabın, tamamı veya bir kısmının fotokopi makinesi, ofset gibi tekniklerle çoğaltılması, hem çoğaltan hem de bulunduranlar için yasadışı bir davranıştır. Yayınevi, bu gibi yasadışı davranışlarda bulunan kurum ve kişilere karşı, her türlü haklarını korumakta kararlıdır.

Ören, Tuncer, Üney, Tuncer ve Çölkesen, Rifat.
Türkiye Bilişim Ansiklopedisi, T. ÖREN, T. ÜNEY ve R. ÇÖLKESEN / İstanbul: Papatya Yayıncılık, 2006
xxxiv, 1200 s.; 24 cm.
Kaynakça ve dizin var.
ISBN 975-6797-38-X
1. Bilgisayar 2. Yazılım 3. Donanım 4. Kuramsal Temeller 5. Bilgi Teknolojileri 1. Title

Makaleler Dizini

- 584 Makine Öğrenmesi - Ferda Nur Alpaslan - ODTÜ
- 584 Metin Sıkıştırma - Banu Diri - Yıldız Teknik Üniversitesi
- 590 Modelleme ve Model Türleri - Barış Tan (Prof. Dr.) - Koç Üniversitesi
- 595 Modülasyon ve Kodlama - Ümit Aygözü (Prof. Dr.) - İTÜ
- 601 Mültimedya Veritabanı Sistemleri - Özgür Ulusoy - Bilkent Üniversitesi
- 604 Nesne-ilişkisel Veritabanı Modeli - Ali Yazıcı (Prof. Dr.) - TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
- 605 Nesneye Dayalı Akıllı Veritabanı Modeli - Murat Koyuncu ve Adnan Yazıcı (Prof. Dr.) - ODTÜ
- 611 Nitel Benzetim - Cem Say (Prof. Dr.) - Boğaziçi Üniversitesi
- 616 Ofis Otomasyonu - Haluk Maga - Microsoft
- 620 Optik Ağlar - Zafer Polat, Probil Bilgi İşlem Destek ve Danışmanlık
- 624 Optik Bilgi İşleme - Haldun Özaktay (Prof. Dr.) - Bilkent Üniversitesi
- 629 Otomatik Konuşma Tanıma Projeleri (Türkiye’de) - Ufuk Betiner Öngüt - ITD (İletişim Teknoloji Danışmanlık)
- 632 Oyunlar Kuramı - Semih Koray (Prof. Dr.) - Bilkent Üniversitesi
- 642 Örüntü Tanıma - Ethem Alpaydın - Boğaziçi Üniversitesi
- 646 Petri Ağları - Ali Karcı - Fırat Üniversitesi
- 651 Portal - Ekın İlyasoğlu - Logaritma İnternet ve BT
- 652 Programlama - Yasemin Topaloğlu (Prof. Dr.) - Ege Üniversitesi
- 654 Programlama Dilleri - Yasemin Topaloğlu (Prof. Dr.) - Ege Üniversitesi ve Servet Haydar Karabaş - UEKAE/TÜBİTAK
- 658 Radyo İletişimi - Niyazi Odabaşoğlu, Niyazi Kılıç ve Yeşim Hekim - İstanbul Üniversitesi
- 661 Rasgele Değişkenler - Ali Karcı - Fırat Üniversitesi
- 669 Renkli İmgeler: Gösterimi, Nicemlenmesi ve Kıpırtılanması - Lale Akarun - Boğaziçi Üniversitesi
- 671 Robotbilim - H. Levent Akın (Prof. Dr.) - Boğaziçi Üniversitesi
- 675 Sağlık Bilişimi - Osman Saka - Akdeniz Üniversitesi
- 679 Sanal Elektronik Cüzdan (sE-Cüzdan) - Ege Kipman ve Rifat Çölkesen (Dr.) - Beykent Üniversitesi
- 684 Sanal Laboratuvarlar - Buğra Koku (Dr.) - ODTÜ; Okyay Kaynak (Prof. Dr.) - Boğaziçi Ün.
- 688 Sanayi ve Ticaret Odalarında Bilişim Sektörü Örgütlenmesi - Mehmet Akyelli - İzmir Ticaret Odası
- 689 Sayısal Kartografya ve Mekansal Bilişim - Melih Başarener ve diğ.- YTÜ
- 694 Sayısal Kütüphaneler - Nergiz Çağıltay - Atılım Üniversitesi
- 697 Sayısal Uçurum - Miyase Christensen (Doç. Dr) - Karlstad Üniversitesi/İsveç
- 700 Sıralama ve Arama Algoritmaları - Rifat Çölkesen (Dr.) - Beykent Üniversitesi
- 705 Simgesel Hesap - Ersin Karabudak - Logo

- Ersin Tulunay (Prof. Dr.) - TÜBİTAK-BTE/BTAE
 TÜBİTAK BTE (Bilişim Teknolojileri Enstitüsü) 793
 TÜBİTAK-BTAE 792
- Ethem Alpaydın - Boğaziçi Üniversitesi
 Örüntü Tanıma 642
- Faruk Eczacıbaşı - Türkiye Bilişim Vakfı
 TBV (Türkiye Bilişim Vakfı) 751
- Fatih Muslu - Logaritma İnternet ve BT
 Web: html ve http 917
- Fatma Özcan
 Yarı-Yapılandırılmış Veritabanları ve XML 953
- Ferda Nur Alpaslan - Orta Doğu Teknik Üniversitesi
 Makine Öğrenmesi 584
- Fikret Gürgen - Boğaziçi Üniversitesi
 Çoğulortam Hizmetleri 300
- Fuat İnce (Prof. Dr.) - Marmara Üniversitesi
 Açık Anahtar Altyapısı (PKI) 37
 Bilgi Güvenliği 162
 Yazılım Süreç Değerlendirme ve İyileştirme 983
 Yazılımda Tasarım 1000
 Yazılım Mühendisliği 967
- Funda Dağ - Kocaeli Üniversitesi
 Yapay Zekâ: Programlama Dilleri 931
 Yapay Zekâ: Temel Kavramlar 935
- Göktürk Üçoluk (Doç. Dr.) - Orta Doğu Teknik Üniversitesi
 Evrimsel Bilgi İşleme 388
- Görkem Çetin - TÜBİTAK UEKAE
 Linux Kullanıcıları Derneği 579
- Gözde Dedeoğlu
 Bilişim Mesleği Ahlâk İlkeleri: Dünyada 240
- Gülçin Büyüközkan - Galatasaray Üniversitesi
 Bilgi Yapıları: Kodlanmış ve Gizli Bilgi 176
- Gülgün Kayakutlu (Dr.) - İstanbul Ticaret Üniversitesi
 Bilgi Ekonomisi 158
 Bilgi Yönetiminde Uygulamalar 185
- Gürol Erdoğan - Işık Üniversitesi
 Unix ve Linux 864
- Güven Köse - Başkent Üniversitesi
 Üst Arama Motorları 873
- Haldun Özaktaş (Prof. Dr.) - Bilkent Üniversitesi
 Optik Bilgi İşleme 624