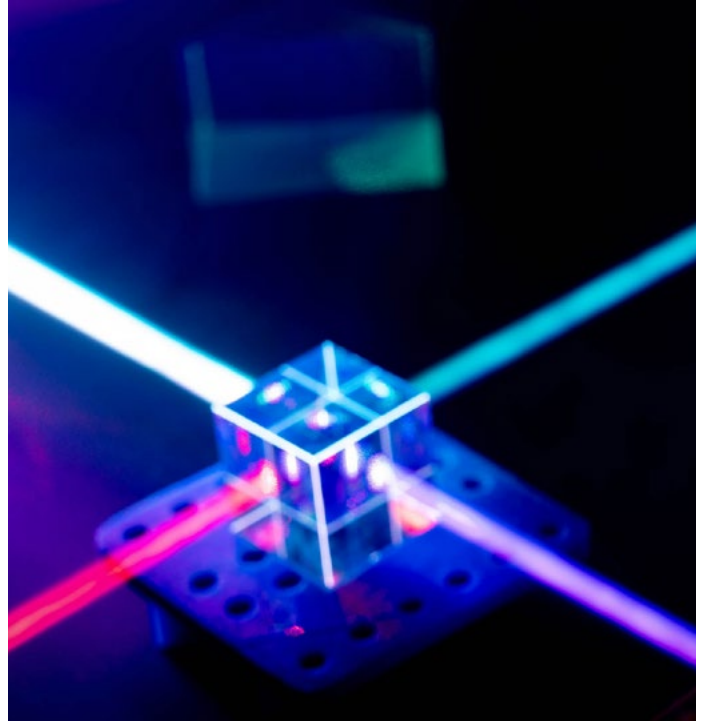


Derin Öğrenmenin Geleceği: Fotonik



Teknoloji geliştikçe iletişim için ortaya çıkan yeni yöntem ve araçlar hızla çoğalıyor. Bu kadar hızlı bir artış, yüksek veri transferleri ve işlem hacimlerini beraberinde getiriyor. Veri işlemleri arttıkça ortaya daha fazla enerji tüketimi, ısı artışı ve kapasite sınırları çıkıyor. Bilim insanları özellikle makine öğrenmesinin alt kümeleri olan yapay zekâ ve derin öğrenme ile yapılan çalışmalarda ihtiyaç duyulan yüksek verileri işlemenin ve nakletmenin yollarını arıyor. Fotonik yeni nesil güçlü teknolojilerde bu problemlere bir çözüm sunuyor.

Fotonik Nedir?

Işık bilimi olarak da adlandırılan fotonik, ışık dalgalarının ve ışık partikülleri olan fotonların üretilmesi, kontrolü ve tespitini kapsayan bilim ve teknolojiyi tanımlar. Işık dalgaları ve fotonların karakteristik özellikleri; evrenin keşfedilmesi, hastalıkların tedavisi ve hatta suç olaylarının çözümünde dahi kullanılabilir. Bildiğimiz gökkuşağının renkleri aslında görünen ışık dalgalarının çok az bir kısmına karşılık gelen elektromanyetik spektrumdur. Fotonik bunun dışında, daha geniş dalga boyları olan radyo, X ışınları, ultraviyole ışınları ve kızılötesi ışınları da inceler¹.

Işığın ikili doğal yapısı dalga ve partikül ikiliği olarak biliniyor. Bu sayede ışık, sürekliliği olan elektromanyetik ve foton karakteristiği gösterir. Aslında ışık bilimi çoğunlukla optikler ile ilgili alanlarda yoğunlaşmış durumdadır. Bunların en bilinenleri ise geometrik optik, fiziksel optik ve kuantum optiğidir. Fotonik ise optik ile ilgili bilimlerin bir alt küme bilimi konumunda bulunur².

Fotonik Ne Zaman Ortaya Çıktı?

17'nci yüzyılda Sir Isaac Newton, beyaz ışığın başka renklerde ışıkların birleşiminden oluştuğunu göstermişti. 20'nci yüzyılın başlarında ise önce Max Planck ve sonrasında Albert Einstein, ışığın dalga ve partiküllerden oluşması teorisini önermişti. Bu teori, zamanında bilim dünyasında oldukça tartışmalı bir ortam yaratmıştı. Fotonik ise kelime olarak ilk kez 1960'larda, Theodore Maiman tarafından lazerin icat edilmesiyle şekillendi¹.

Fotonik daha sonra, 1980'lerde fiber optik iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle daha önemli bir konuma geldi. Günümüzde ışığın dahil olmadığı neredeyse hiçbir teknoloji veya bilim dalı bulunmuyor².

¹ <https://www.light2015.org/Home/WhyLightMatters/What-is-Photonics.html>

² <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-photonics.html>

Fotonik teknolojileri modern çağda ve gelecekte sensörlerin, optik bilgisayarların, yeni nesil lazerlerin ve LED'lerin, görünür ışık iletişiminin (Li-Fi), su arıtmanın ve kuantum bilgi işlemlerinin de dahil olduğu birçok alanda önemini artırıyor³.

Fotonik Teknolojilerine Neden İhtiyaç Duyuluyor?

Günümüzde ve gelecek teknolojilerinde önemi her geçen gün artan fotonik, teknolojiye bir devrim yaratıyor. Gece görüş kameraları ve cihazları ile lazerler günümüz savunma sanayiinde özellikle İHA/SİHA görüş ve atış sistemlerinin olmazsa olmazları hâline gelmiş bulunuyor. Infra Red (IR) ve Short Wave Infra Red (SWIR) kameralar her geçen gün savunma sanayiinde daha fazla kullanım alanı buluyor. Diğer yandan, insanlar farkında olmasa da fotonik teknolojisi içeren cihazlar sıklıkla günlük hayatımızda karşımıza çıkıyor. LED cihazlar bunların başında geliyor. Ayrıca üretim cihazları, yüksek veri transferi sistemleri, gelişmiş sensörler ve görüntüleme teknolojileri de fotonikğin ilgi alanında bulunuyor.

Teknoloji geliştikçe iletişim ve bilişim teknolojilerine olan ihtiyaç da artıyor. Daha fazla veri kullanımı sebebiyle ısınan geleneksel sistemler fotonik sayesinde daha hızlı ve verimli hâle geliyor. Fotonik tabanlı görüntü teknolojileri olağanüstü film ve fotoğraflara imkân sunuyor. Kısaca fotonik teknolojisi dijital dünyanın temelinde yer alıyor².

Fotonik ile İlişkili Yeni Teknolojiler

Günümüz dijital teknolojilerinin hemen hemen hepsi fotonik ile ilişki içinde bulunuyor. Çok çeşitli endüstrilerde özellikle ışık tabanlı teknolojilerin tamamında fotonik yer alıyor. Fotonik aynı zamanda endüstriyel donanım ve makine mühendisliğinde de önem kazanıyor.

Sağlık endüstrisi biyofotonik bilimiyle yakın ilişkide bulunuyor. Biyolojide kullanılan fotonik teknolojilerini içeren ve bir dizi alt bilim kümesini oluşturan biyofotonik bilimi, dijital görüntüleme teknolojileri ile hastaların yaşam kalitesini artıracak en doğru detaylı kayıtların oluşturulmasını sağlıyor. Ayrıca canlı hücre görüntüleme, teşhis ve tanımlama sistemlerinin yanı sıra cerrahide, diş hekimliğinde ve saç ekim operasyonlarında kullanılan yüksek güçlü diod-lazer uygulamalarında da biyofotonik tercih ediliyor⁴.

Moleküler seviyede incelemelere imkân veren biyofotonik, hastalıkların kökenine inilmesine imkân veriyor. Fotonik teknolojilerin giderek önem kazandığı bir sağlık alanı da yaşlılar için kullanılan kalp pilleri, sentetik kemik uygulamaları ve endoskopide kullanılan mikro kameralar olarak öne çıkıyor⁵.

Akıllı şehirler şekillendikçe ortaya çıkan otonom trafik sistemi ve güvenliği de fotonik teknolojilerinin ilgi alanında bulunuyor. Mesafeleri ölçen, engelleri algılayan ve çevre yapısını dikkate alarak yol takibini sağlayan otonom sürüş sensörleri lazerlerin de desteği ile güvenli bir sürüş deneyimi vadediyor.

Otonom teknolojilerde güvenlik etkisi sadece yol güvenliğinde değil endüstriyel üretim tesislerinde de önemli bir yer ediniyor. Düşük sıcaklıklarda çalışan sensör sistemleriyle donatılan fotonik teknoloji ürünleri endüstrilerde güvenli bir çevre yaratabiliyor⁴.

Yüksek kalitede üretim yapan sanayilerde de son teknoloji lazer ürünleri fotonik teknolojileri ile destekleniyor. Esnek, hızlı ve yüksek kalitede üretim sağlayan bu lazerler ile fotovoltik hücreler, yarı iletkenler ve tıpta kullanılan minyatür donanımlar üretilebiliyor.

³ <https://royalsociety.org/science-events-and-lectures/2019/10/tof-photronics/>

⁴ <https://focus.jenoptik.com/en-gb/blog/2020/02/20/trends-photronics>

⁵ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/photronics>

Ayrıca enerji tasarruflu ışık sistemleri olan LED'ler (Light Emitting Diodes) ve OLED'ler (Organic Light Emitting Diodes) fotonik bilimi sayesinde hayatımızı daha aydınlık ve ekonomik hâle getiriyor⁵.

Fotonik biliminin en büyük etkileri iletişim ve bilişim teknolojilerinde ortaya çıkıyor. Geçmişten bu yana veri transferlerinde tercih edilen bakır iletkenler günümüzde yerini ışığa bırakmaya başlıyor. Elektrik sinyallerinin ışık yayan veya lazer diodlar ile optik sinyallere dönüştürülmesiyle kullanılan fiber optik iletkenler, yüksek hızlarda veri transferine imkân sunuyor. Ayrıca bilişim endüstrisinde sanal gerçeklik sistemleri gibi inovatif görüntü teknolojilerinde de kullanım alanı bulunan fotonik teknolojileri, artırılmış gerçeklik teknolojilerinin de denkleme girmesiyle kullanıcıları yeni bir çevre ile etkileşime girmeye davet ediyor⁴.

Uydu Teknolojisi ve Fotonik

Fotonik teknolojisi uydu teknolojisinde de büyük bir dönüşüm yaratmanın eşiğinde bulunuyor. Uydular arası ve uydularla yer arasındaki iletimde lazer kullanımı bir yandan bağlantıların daha da hızlanmasına yol açarken, uzay araçlarında kütle, hacim ve enerji kullanımında tasarruf imkânı da sunuyor.

Günümüzün ileri iletişim uyduları veri aktarmak için dar ışınlar kullanıyor ve saatte 100 Gbit iletim kapasitesine ulaşabiliyor. 2020'den sonra artan veri trafiği ile birlikte telekom operatörlerinin artan bant genişliği ihtiyaçlarının karşılanması için sözkonusu kapasitenin saniyede 1Tbit'e kadar çıkarılması gerekiyor. Var olan mikrodalga ve radyo frekans teknolojileriyle 1 Tbit/s hedefine ulaşmak mümkün. Ancak bu kapasiteye ulaşmak için kullanılacak bileşenler ve sistemler ağırlık, hacim ve enerji tüketimi açısından uzay uçuşları için belirlenen sınırların üzerinde kalıyor. Fotonik teknolojisi bu noktada devreye giriyor: Bilim insanları 2000'li yılların başından bu yana hafif, düşük hacimli ama yüksek performanslı telekomünikasyon sistemleri üzerinde çalışıyor. Avrupa Uzay Ajansı, SMOS ve Proba-2 uzay araçlarında 2009'dan bu yana yaptığı denemelerde başarı yakalayınca bugün hemen hemen bütün uzay ajansları, iletişim uydularında koaksiyel (radyo frekansta kullanılan bir kablo türü) kablolar yerine fiberoptik kablolar kullanmak üzere çalışma başlattı. Saç teli kalınlığında cam tüp kümelerinden oluşan fiber optik kablolar, koaksiyel kablolarla göre daha hafif, daha dayanıklı ve daha yüksek kapasiteliler. Ayrıca fiber optik kablolar veriyi elektrik akımıyla değil ışıkla taşıdığı için dış etmenlerden etkilenmesi elektro manyetik alanlara maruz kalması, parazitlenme veya sinyal alması sözkonusu değildir.

Yeni nesil iletişim uydularının fiberoptik dijital devre ve ara bağlantı modüllerinin geliştirilmesi için de çalışmalar sürüyor. NASA, iletişim uydularının daha düşük maliyet ve ağırlıkta olmasını sağlayacak bir "Foton Çipi" üzerinde çalışıyor. Foton çipi elektronik devreye benziyor ama elektron akışı yerine ışın akışı kullanıyor. Foton devreleri elektron devrelerine göre daha hafif olduğu gibi çok sayıda farklı optik işlev üstlenebiliyor⁶.

Fotonun Derin Öğrenmeye Etkisi

Fotonun bilişim endüstrisinde bilgisayarlara dahil olmasıyla daha da güçlenen yeni nesil teknolojiler geleceği şekillendiriyor. Bilgisayarlar artık görseller ile tanımlama yapılması, medikal alanda teşhis konulması, seslerle dillerin algılanması ve anında çeviri yapılması, karmaşık bilgisayar oyunu kurguları ve otonom araçların kullanımı gibi birçok alanda kullanılıyor. Bu gibi uygulamaların kullanımına imkân veren yeni teknolojilere derin öğrenme veya yapay zekâ sinir ağları deniliyor. Bilgisayar bilimleri içinde makine öğrenmesinin bir alt kümesi olan derin öğrenme, ışık bilimi ile artan veri hızı sayesinde daha da gelişiyor.

Özellikle derin öğrenmeye göre kurgulanan bilişim sistemleri için sinir ağları işlemlerinde elektronlar yerine optik işlemciler ile fotonların kullanılması, ihtiyaç duyulan yüksek hızda veri transferinde avantaj sağlıyor. Bir yazılım ile oluşturulan sanal ağların da yardımıyla dijital bilişim cihazları olağanüstü hızlarda çalışabiliyor⁷.

⁶ <https://thinktech.stm.com.tr/tr/fotonik-gelecege-isik-veren-teknoloji>

⁷ <https://spectrum.ieee.org/the-future-of-deep-learning-is-photonic>

Günümüzde yaygın olarak kullanılan grafik işlemcileri (GPU) yerine fotonik sensör işlemciler yüksek kapasiteli sinir ağlarında daha etkili sonuçlar veriyor. George Washington Üniversitesi araştırmacıları üzerinde çalıştıkları yeni teknikle elektrik enerjisini ışık enerjisi ile değiştirerek işlemci kapasitesini üç katına kadar artırabiliyor. Bu sayede derin öğrenme ve yapay zekâ gibi yüksek veri transferi gerektiren işlemlerin daha kolay bir şekilde yapılmasına imkân sağlanıyor. Derin öğrenme sırasında ihtiyaç duyulan yüksek veri diğer taraftan aşırı bir güç tüketimine de neden oluyor. Düşük enerji ile rahatça çalışabilen fotonik sistemler bu alanda da ciddi bir tasarruf sağlıyor⁸.

Modern bilgisayar donanımları matris işlemler için biçilmiş kaftan olsa da derin öğrenmenin popülerleşmesiyle birlikte artan veri kapasitelerinde yetersiz kalmaya başladı. Derin öğrenme ile ilgili matris hesaplamaları, sayı çiftlerinin birlikte çarpıldığı ve sonuçların toplandığı çok sayıda çarpma ve biriktirme işlemine indirgenerek dijitale dönüştürülüyor. Derin öğrenme yıllar geçtikçe bu çarpma ve biriktirme işlemlerine daha fazla ihtiyaç duyuyor. Bu işlemler yoğun enerji tüketimi nedeniyle ciddi bir çevresel ayak izi oluşturuyor. 2019’da yapılan bir çalışmaya göre, derin öğrenme ile çalışan bir doğal dil işleminin öğretilmesi için bir otomobilin bütün kullanım süresince ürettiği karbondioksit emisyonlarının beş katının üretildiği ortaya çıkarıldı. Modern bilgisayarlar derin öğrenmenin gelişimine büyük katkı sağlasa da sinir ağlarının oluşturulmasında alternatif ve daha tasarruflu bir yaklaşımın faydası kaçınılmaz bir şekilde ortaya çıkıyor.

Optik veri iletişimi daha hızlı ve düşük enerjili bir çözüm sunmuşken aynı özellikler optik bilgisayarlarda da ortaya çıkıyor⁷.

Bir optik bilgisayar, elektrik sistemli modellere göre 10 kat daha hızlı işlem kapasitesi sunuyor. Ayrıca geleneksel bilgisayarlarda kullanılacak kablolama ile daha fazla alan ihtiyacı duyulurken birbiri üzerinden dahi geçebilen optik sistemler çok daha küçük bilgisayarların üretilmesine imkân sunuyor⁹.

Fotonik teknolojisini kullanan optik bilişim sistemleri teoride derin öğrenmeye çok ciddi büyüme etkisi yaratmayı vadediyor. Bunun için ihtiyaç duyulan bilgisayar sistemleri, sinir ağları ve yazılımlar geliştiriliyor.

Princeton Üniversitesi bağlantılı olan Luminous şirketi, “Lazer Siniri” adını verdikleri yeni ve güçlü bir sinir ağı projesi üzerinde çalışıyor. Bu sinir ağları biyolojik sinir ağlarını taklit ediyor ve aynı insan beyni gibi çok düşük enerjiyle çalışabiliyor. Şimdilik araştırma aşamasında olan proje, derin öğrenme ve makine öğrenmesi için çok büyük bir fırsat sunuyor⁷.

Fotonik Geleceği Nasıl Etkiliyor?

Fotoniğin bilişim endüstrisinde yarattığı potansiyel, çevre için de benzer bir etki yaratıyor. Daha güvenli, hızlı ve enerji tasarruflu fotonik teknolojisi iklim değişikliği ve sera gazı emisyonlarında olumlu sonuçlar vadediyor. Daha şimdiden LED benzeri temel ışık teknolojileri 1,1 milyar ton karbondioksit tasarrufu sağladı. Bu rakamın 2030 yılına kadar üç milyar tona ulaşması bekleniyor⁴.

Fotonik, çevre etkisi ile birlikte geleceğin dijital dünyasında elektronik sistemlerin temel yapı taşı olma olasılığını barındırıyor. Elektrikten daha hızlı hareket eden fotonların iletişim sistemlerinde yer edinmesi, verilerdeki düşük gecikme zamanları, çok daha iyi sonuçlar veren enerji tasarrufu ve günümüz bilişim dünyasının en büyük sorunu olan artan veri trafiğinin kontrolü açısından önem kazanıyor¹⁰.

8 https://www.photonics.com/Articles/Photonic_Processing_Unit_Supports_Light-Speed/a65977

9 <https://whatis.techtarget.com/definition/optical-computer-photonic-computer>

10 <https://ro.nttdata.com/news/the-future-of-photonics-presented-at-the-recent-ntt-research-and-development-forum>

Günümüz teknolojik imkânlarıyla bile üretilebilen fotonik sinir ağlarının işlem kapasiteleri, mevcut elektronik işlemcilerle göre enerji verimliliğinde 1.000 kat daha iyi sonuçlar gösteriyor. Gelecekte bu teknolojinin gelişmesiyle bu oranın bir milyona kadar çıkabileceği öngörülüyor. Özellikle elektronik işlemcilerin sınırlı enerji kapasiteleri nedeniyle kısıtlanan işlem hacimleri de bu durumda gelişmesi beklenen bir alan olarak öne çıkıyor. Gelişen optik bilgisayarlar, yapay zekâ ve derin öğrenme gibi makine öğrenmesi ile otonomiye destekleyen teknolojileri de daha kullanışlı hâle getiriyor⁷.

Fotonige Yapılan Yatırımlar


Fotonik, gelişmekte olan teknolojilere sağladığı destekle yeni bir pazarın da oluşmasını sağlıyor. 2013'te 190 milyon dolar olan fotonik bilgi işlem pazarı, 2017 yılında 539 milyon dolara yükseldi. Pazarın 2022 yılına kadar 1,3 milyar doları geçmesi bekleniyor. Bu artış genel yarı iletken pazarı çerçevesinde yüzde 20 ile en büyük büyüme paylarından birini oluşturuyor¹¹.

LED'ler, lazerler, dedektörler, sensörler ve görüntü teknolojileri ile iletişim ve ağ sistemleri genelinde değerlendirildiğinde ise fotonik pazarı 2020'de 593,7 milyar dolarken, 2025 yılı öngörülerinde bu rakamın 837,8 milyar dolara yükselmesi bekleniyor. Özellikle pandemi nedeniyle virüsleri öldüren UV-C LED ışıklarına olan talebin artması ve 5G teknolojisi sayesinde daha da artacağı öngörülen veri trafiği, pazarın beklentilerinin daha da artmasına neden olabilir. Ancak yarı iletkenlerin tedarik zincirlerinde yaşanan sıkıntılar 5G teknolojisinin etkilerinin ertelenmesi ve Çin'in fiber optik üretimini azaltması fiyatların yükselmesine neden olabilir.

Fotonik pazarının gelişimini; enerji açısından verimli olan ürünlere duyulan ihtiyaç, artan araştırma geliştirme faaliyetleri ve fotonik ürünlerin çevre dostu yaklaşımı belirliyor¹².

Intel gibi bilişim firmaları da fotonik teknolojisine yaptıkları yatırımlarla dikkat çekiyor. Sunucu ve işlemci paketlerine de dahil etmek istediği silikon fotonik yapıyla düşük maliyetli ve düşük enerjili bir mimari hedefleyen Intel, ciddi büyüklükte bir değişim planlıyor. Şimdiden 200Gb/s FR4, 400Gb/s DR4 ve 800Gb/s ürün örnekleri hazırlayan Intel, ethernet sistemlerinde de 51,2Tb/s ve 100Gb/s ağ genişliğine sahip ürünleri 2023 yılında kullanıma sunmaya hazırlanıyor¹³.

Işık bilimi uzun yıllardır üzerinde araştırmalar yapılan bir alan olarak teknolojiye çeşitli katkılar sağlamaya devam ediyor. Günümüz dünyasında artan iletişim ve bilişim ihtiyacının karşılanması için güçlü veri transferi sistemleri ve işlemcilerle ihtiyaç duyulmaktadır. Artan veri ve işlem kapasitelerinin beraberinde getirdiği yoğun enerji tüketimiyle ortaya çıkan ısının çevreye olan etkileri, fotonik teknolojilerinin öne çıkmasına ve bu alanda yapılan araştırmaların artmasına zemin hazırlıyor.

Geleceği değiştirecek yapay zekâ ve derin öğrenme gibi teknolojiler fotonikle birlikte daha da gelişerek günlük hayatımızın bir parçası hâline gelirken; sağlıktan üretime, eğitimden giyilebilir cihazlara ve savunma sanayiine kadar birçok alanda yaşanan gelişmeler bu teknolojinin daha da önem kazanacağına işaret ediyor. Işık, geleceğin yeni ve temiz enerji kaynağı olarak daha güçlü bir bilişim dünyasının temel taşı olma yolunda ilerliyor. 

¹¹ <https://semiengineering.com/brighter-future-for-photonics/>

¹² <https://bit.ly/3Go5RZv>

¹³ <https://venturebeat.com/2021/05/24/intel-sees-bright-future-for-silicon-photonics-moving-information-at-light-speed-in-datacenters-and-beyond/>