

# Fotonik: Geleceğe Işık Veren Teknoloji

Işığı oluşturan fotonların üretilmesi, taşınması ve algılanmasına yönelik teknolojileri ifade eden fotonik, günümüzde pek çok alanda kullanılıyor ve yeni teknolojilerin gelişmesine öncülük ediyor. Güneş enerjisi, imalat, sağlık, telekomünikasyon, güvenlik ve havacılık sektörlerinde fotonik teknolojisi ürünü olan lazerler, optik cihazlar, fiberoptik altyapılar, elektro-optik cihazlar ve bunlar gibi nice ürün ve cihaz yaygın biçimde kullanılıyor. Cerrahlar, lazerli ameliyatlara giriyor; çiftçiler yeryüzü gözlem uydularıyla hasattan aylar önce rekolte tahmini alabiliyor; güneş enerjisi santrallerinde fotovoltaik paneller kullanılıyor; bilişim mühendisleri fotonik tekniklerle süper hızlı bağlantılar kuruyor<sup>1</sup>...

Pek çok alanda hızlı ilerlemenin öncüsü fotonik teknolojisi, uzay teknolojisi için de bir sıçrama tahtası olma yönünde ilerliyor. Yeni nesil navigasyon, uzaktan algılama, uydu iletişimi ve yeryüzü gözlem teknolojisi, hatta ışık hızına yakın uzay seyahatini mümkün kılacak yeni bir tahrik sistemi fotonik teknolojinin uzay çalışmalarına hediye edebileceği yeni kabiliyetler olabilir.

## 1 Tbit İnternet Geliyor

Fotonik teknolojisi uydu teknolojisinde büyük bir dönüşüm yaratmanın eşiğinde... 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. Ne var ki 2020'li yıllara gelirken 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<sup>2</sup>. Ancak bu kapasiteye ulaşmak için kullanılacak bileşenler ve sistemler ağırlık, hacim ve enerji tüketimi açısından uzay uçuşları için belirlenen sınırların üzerinde kalıyor. Bu kapasiteye sahip uydular tonlarca ağırlığa ulaşıyor ve enerji tüketimi 10 kWatt'ı aşıyor<sup>3</sup>. Fotonik teknolojisi bu noktada devreye giriyor: Bilim insanları 2000'li yılların başından bu yana hafif, düşük hacimli ama yüksek performanslı telekomünikasyon sistemleri üzerinde çalışıyor. Örneğin Avrupa Uzay Ajansı SMOS ve Proba-2 uzay araçlarında 2009'dan beri yaptığı denemelerde başarı yakalayınca bugün 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

1 <http://www.op-tec.org/what-is-photonics>

2 <https://eandt.theiet.org/content/articles/2018/09/photonics-tech-brings-in-the-big-guns-for-next-gen-satellite-speeds/>

3 <https://goochandhousego.com/beacon-photonics-telecom-satellites/>

fiber optik kablolar veriyi elektrik akımıyla değil ışıkla taşıdığı için dış etmenler etkilenmez, elektro manyetik alanlara maruz kalması, parazitlenme veya sinyal alması sözkonusu değildir<sup>4</sup>.

Yeni nesil iletişim uydularının fiberoptik dijital devre ve ara bağlantı modüllerinin geliştirilmesi için de çalışmalar sürüyor. Örneğin 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 üstlenebiliyor<sup>5</sup>.

Fiberoptik iletişim için dağıtıcı, yansıtıcı ve güçlendirici modüller üzerinde çalışan ESA’nın hedefi ise fiberoptik uygulamalarıyla hem daha fazla hızlı bağlantı kanalı elde etmek hem de iletişim uydularının görev yükünü yüzde 20 oranında azaltmak<sup>6</sup>.

### **Küresel Konumlandırmaya Gerek Kalmayabilir**

Fotonik teknolojisiyle çok yakında küresel konumlama sistemlerine de gerek kalmayabilir. Çünkü bilim insanları 2019’un Mart ayında taşınabilir bir atom saati geliştirme yolunda önemli yol katettiklerini açıkladılar. İngiltere’nin Sussex Üniversitesi fizikçileri, ileri teknoloji bir lazer kullanarak, atomik saatlerin referansını (veya sarkacını) son derece küçük hale getirmeyi ve verimliliğini yüzde 80 artırmayı başardıklarını duyurdu. Böylece taşınabilir atomik saatlerin üretilmesinin yolu açıldı. Taşınabilir atomik saatler ile uydudan sinyal gerekmeden konum bulunabilecek.

Optik atomik saatler her 10 milyar yılda bir saniye bozunma yaşıyor. Bu oranla optik atomik saatlerin hassas zaman ölçüm cihazlarının zirvesinde olduğu da biliniyor. GPS, Galileo veya GLANOSS gibi konumlandırma sistemlerinin uyduları hareketli nesnelere konumunu tespit ederken zaman eşleştirmesini atomik saatlerle yapıyor. Ancak atomik saatler yüzlerce kilo ağırlığında devasa cihazlar ve bunlardan sadece birkaç tane bulunuyor. Sussex Üniversitesi Matematik ve Fizik Bilimleri bölümündeki Fotonik Laboratuvarından Dr. Alessia Pasquazi, atomik saatlerin küçültülmesi halinde uydu bağlantısına gerek olmadan konumlandırma yapılabileceğini söylüyor: “Örneğin bir ambulans tünelde bile taşınabilir bir atom saatiyle haritalarına erişebilecek. Kullanıcılar da kırsal kesimde veya yer altında cep telefonu sinyali olmadan rotalarını planlayabilecek. Taşınabilir atomik saatler uydu sinyaline ihtiyaç olmadan, konumunuza ve planladığınız rotaya erişilebilmek için son derece hassas bir coğrafi haritalama sistemi geliştirilmesinin önünü açacak.” Dr. Pasquazi, taşınabilir atomik saatlerin 20 yıl içinde geliştirilebileceğini, böylece otonom nesnelere (İHA, sürücüsüz kara taşıtları, robotlar vb.) alanında da sıçrama yaşanabileceğini belirtiyor<sup>7</sup>.

### **Lazerli Uzay Motoru Mümkün**

80’lerden sonra yavaşlayan uzay yarışı, aralarında özel şirketlerin de bulunduğu yeni aktörlerin katılımıyla son yıllarda yeniden hız kazanırken, fotonik teknolojisi sayesinde gezegenler arası seyahat süresini birkaç güne indirme umudu doğdu. Yapılan araştırmalar, teorik olarak ışığın itme gücünden yararlanarak uzayda çok yüksek hızlara ulaşmanın mümkün olduğunu ortaya koydu. Öyle ki bugün en az altı ay süreceği tahmin edilen insanlı Mars yolculuğunu üç güne indirmek mümkün...

Halen uzay seyahatlerinde kimyasal tahrik kullanılıyor. İnsansız uzay araçları gezegenler arası seyahatlerinde gök cisimlerinin manyetik alanlarının gücünden faydalanıyor. Uzay seyahatlerini daha hızlı hale getirmek için yeni bir tahrik sistemi arayışı sürüyor. Bilim insanları uzayda en çok bulunan enerjinin elektromanyetik radyasyon olduğundan hareketle, fotonik çözümler üzerinde duruyorlar. Mikro lazerler ve güneş enerjili tahrik platformları üzerindeki çalışmalar umut veriyor. Bilim insanları uzaya gönderilecek mikro uyduların

4 <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/fiber-optic-cable>


5 [https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/esi15\\_klamkin\\_quad.pdf](https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/esi15_klamkin_quad.pdf)

6 <https://eandt.theiet.org/content/articles/2018/09/photronics-tech-brings-in-the-big-guns-for-next-gen-satellite-speeds/>

7 [https://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2019-03/uos-ss031119.php](https://www.eurekalert.org/pub_releases/2019-03/uos-ss031119.php)

konum düzeltmelerinde kullanabileceği lazerli itici motorları geliştirdiler<sup>8</sup>. NASA ise güneş enerjisinden elde ettiği elektronları hapsederek tahrik yaratan bir plazmaya çevirecek güneş enerjili tahrik sistemi üzerindeki çalışmalarını 10 yıl içinde tamamlayabileceğini bildirdi<sup>9</sup>.

Güneş enerjisini kullanan “Uzay yelkenlileri” teknolojisi de umut vad ediyor. Japonya Uzay Ajansı JAXA, 2010 yılında Venüs yörüngesine güneş yelkenlisi teknolojisiyle IKAROS adlı deneysel uzay aracını yerleştirmeyi başarmıştı. Ancak güneş radyasyonu aracın süratini artırmak için yeterli değildi ve Venüs yolculuğu altı ay sürmüştü<sup>10</sup>.

Şimdi bilim insanları kimyasal roketlerle hız yarışına girebilecek güneş yelkenlileri üzerinde çalışma yapıyor. Üzerinde durulan sistemlerden biri güneş yelkenlilerinin yeryüzünden gönderilecek yüksek güçlü lazerlerle yönlendirilip hızlandırılması. Bunun teorik olarak mümkün olduğu Temmuz 2018’de ABD’nin California Teknoloji Enstitüsü (Caltec) bilim insanları tarafından ispatlandı. Nesnelere yalnızca ışık kullanarak havaya kaldırmanın ve itmenin bir yolunu bulduklarını açıklayan Cora Went ve Harry Atwater’a göre bunun için ister nano isterse metrelerce boyutlarda olsun, lazer ışınlarını eksiltmeden yansıtacak bir nano desen yeterli. İki bilim insanına göre bu yolla uzay araçlarının hızını ışık hızının yüzde 20’sine kadar çıkarmak mümkün. Saniyede 60 bin kilometre sürata eşit olan bu hızla Mars’a üç günde, Güneş’ten sonra en yakın yıldız olan, Dünya’ya 4 ışık yılı uzaklıktaki Alpha Centauri sisteminin yaşama en elverişli gezegeni Proxima Centauri b’ye ise 20 yılda ulaşmak mümkün. Her ne kadar teori henüz gerçek dünyada denenmemiş olsa da, araştırmacılar güneş sistemimizin dışındaki en yakın yıldızla sadece 20 yıl içinde bir uzay aracı gönderebileceklerini söylüyorlar<sup>11</sup>. 

8 [http://materials.web.psi.ch/Publications/Publ\\_MatDev\\_files/SPIE\\_HPLA\\_Claude.pdf](http://materials.web.psi.ch/Publications/Publ_MatDev_files/SPIE_HPLA_Claude.pdf)

9 [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/tm/sep/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/tm/sep/index.html)

10 <http://global.jaxa.jp/projects/sat/ikaros/topics.html>

11 <https://phys.org/news/2018-11-photonic-devices-poised-enable-deep.html>