

Yaklaşan Veri Darboğazına Fiber özüm Arayışı

Son Işık Bükücüleri

İnternet ve iletişim ağlarıyla taşınan veri hacminin katlanarak artmasının, mevcut veri iletim altyapılarını birkaç yıl içinde ciddi bir darboğaza sürüklemesi bekleniyor. Araştırmacılar, bu sorunun üstesinden gelebilmek için veri aktarımında en büyük yükü üstlenen fiberoptik ağların verimini artıracak yeni yöntemler peşinde.

1858'de Atlas Okyanusu'nu geçerek Avrupa'yı Amerika'ya bağlayan ilk telgraf hattının kullanılmasını takip eden 100 yıldan uzun süre boyunca kalın bakır kablolar uzak veri aktarımının tek çaresi olarak görülüyordu. Ta ki bugün cep telefonlarının ve hassas elektronik cihazların yüzeylerini çizilmelere karşı koruyan dayanıklı camlarıyla tanıdığımız Corning Glass Works, 1970 yılında ilk fiberoptik teli üretene ve 1975'te ilk ticari fiberoptik ağını kurana kadar.

Tabii o zamanlardan beri veri ve veri aktarımı adına bildiğimiz şeyler de değişti. Bir zamanlar dakikada birkaç kelime ancak aktarabilen kıtalararası veri aktarım ağları, bugün teknolojik gelişimle birlikte inanılmaz bir veri aktarım hacmiyle boğuşuyor. Cisco'nun 2015 yılı verilerine göre küresel veri iletim hacmi 2014 yılına oranla yüzde 74 artarak aylık 3,7 exabayt, yani saniyede yaklaşık 85 terabayt seviyesine ulaştı. 1992 yılında günlük veri aktarım hacminin 100 gigabayt civarında olduğunu düşünürseniz, çarpıp böldüğümüzde 23 yıl öncenin 1 yıllık toplam verisinin bugün yarım saniyeden daha kısa sürede paylaşıldığını görüyorsunuz. 23 yılda 1 milyon 200 bin katın üzerinde bir veri artışından söz ediyoruz ve bu gerçekten inanılmaz.

İşte bu yükün büyük bir kısmı Dünya'nın dört bir yanına, saç telliyle kıyaslanacak kadar ince cam silindirlere oluşan fiberoptik kablolarca taşınıyor. Lazer ışınlarını yol boyunca yansıtarak veriyi uzak mesafelere aktarabilen ve dünya genelinde uzunluğu 2 milyar kilometreyi geçen bu kılcal yapılar, çağdaş dünyadaki bilgi otoyollarının en önemli bileşenlerini oluşturuyor.

Üstelik bundan birkaç yıl öncesine kadar fiber üzerinden taşınabilecek veri hacminin bir limiti olmayacağı düşünülüyordu. Fiber kabloyu bir kez döşediğinizde iki ucunda yer alan vericilerin, aktarıcılarının ve güçlendiricilerinin gelişimiyle sistem hızlanmaya devam edecekti. Ancak Southampton Üniversitesi Optoelektronik Araştırma Merkezi araştırmacılarından David Richardson, fiber üzerinden aktarılacak veri hacminin yavaş yavaş yapısal sınırlara doğru yaklaştığına dikkat çekiyor. Konu üzerindeki tartışmalar devam etse de, fiber ağların kuramsal veri taşıma kapasitesinin bugün kullanılan en hızlı ağın 10 katı civarında olduğu tahmin ediliyor. Üstelik mobil iletişim ve nesnelerin interneti gibi kavramlar eşliğinde veri hacmindeki artış bu hızla devam ederse, 2020 yılında bu sınıra ulaşmamız isten bile değil.

Yansımanın Sınırlarını Zorlamak

Veriye olan iştahımız mikroişlemcilerin, depolama cihazlarının ve pek çok başka teknolojinin olduğu gibi veri iletim hatlarının da sınırlarını zorlayacak noktaya geldi. Üstelik bu bariyeri aşmak için küçük adımlardan daha ötesine ihtiyaç var. Peki nasıl?

İlginçtir ki bu konuda yapılan araştırmalar fiber teknolojisinde bir sonraki adımın, üretim süreçlerini daha da karmaşık hale getirmek ve daha iyi malzemeler kullanmak değil tam aksine yapıyı sadeleştirmek ve temel malzemelere dönmek olacağına işaret ediyor. Bunu daha iyi anlamak için öncelikle mevcut fiberoptik kabloların yapısına biraz değinmekte fayda var. Öyle ya, nasıl oluyor da bir kablunun ucundan ışık verip yüzlerce, hatta binlerce kilometre kaybolmadan dolaşmasını sağlayabiliyorsunuz?

Fiberoptik kablolar, dıştaki koruyucu kaplamaları saymazsanız aslında iki temel katmandan oluşur: Yüksek saflıkta camdan üretilmiş iç yüzey ve camın etrafını boydan boya saran yansıtıcı tabaka. Fiberoptik kabloda kullanılan camın kırılma indisi, etrafını saran yansıtıcı kaplamanın kırılma indisinden daha yüksektir. Bu bilinçli bir tercihtir, zira bu koşullarda fizik kuralları şunu der: Işığı, kırılma indisi daha yüksek olan bir maddeden kırılma indisi düşük olan maddeye kritik yansıma eşiğinden daha büyük bir açıyla yönlendirirseniz, tam yansıma adı verilen ve ışığın kayıpsız olarak geri yansıdığı koşulları sağlamış olursunuz. Böylece ışık huzmesinin şiddeti azalmadan, kablunun duvarlarından yansıyıp uzun mesafeler aşmasını sağlayabilirsiniz.

Burada camın kalitesi çok büyük önem taşır. Çünkü fiberoptik iletimde sinyal kaybı yansımadan ziyade camın içindeki safsızlıklar nedeniyle gerçekleşir. Bu da hat boyunca belli aralıklarla sinyal güçlendiriciler koymayı gerektirir.

İçi Boş Fiber Çözüm Olabilir mi?

Yine Southampton Üniversitesi araştırmacılarından Walter Belardi'nin bu konuda başka bir fikri var: Fiber kablunun içini boşaltmak. Yani fiberin içini camla doldurmaktan vazgeçip, merkezi boş bırakmak. Böylece ışığın kablo içindeki yolculuğu neredeyse tamamen havada gerçekleşeceği ve ışık havada cama kıyasla yüzde 45 daha hızlı yol aldığı için kabloların veri taşıma kapasitesi de katlanarak artacak.

Aslında bu herkesin aklına gelebilecek bir fikir. Ancak unutmayın, tam yansımanın gerçekleşmesi için ışığın kırılma indisi yüksek maddeden kırılma indisi düşük maddeye doğru yol alması gerekli. Bu durumda yansıtıcı olarak kullanılan maddenin kırılma indisi havadan daha düşük olamayacağı için sistemin temel çalışma ilkesi olan tam yansıma gerçekleşmeyecek ve ışığın bir bölümü yansıtıcı tabakaya geçerek kaybolacak. Tabii kablunun iç yüzeyinde yer alan kaplamayı özel tekniklerle işlemediğiniz sürece.

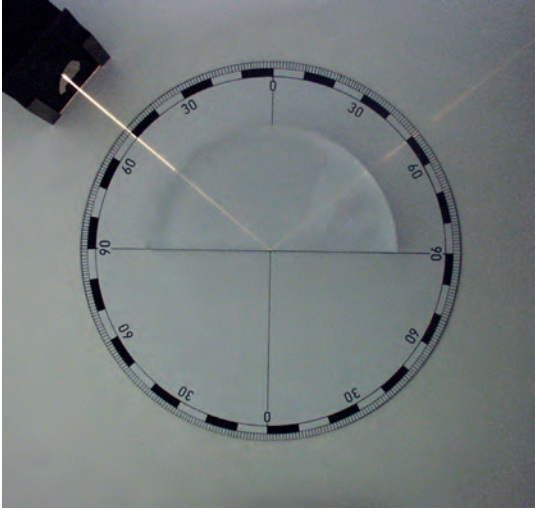
İşin ilginç tarafı, Belardi bahsi geçen mikro kaplamanın üretiminde yüksek ısı gerektiren yüksek kaliteli camdan ziyade neredeyse 100 kat daha ucuza mal olan camın daha iyi sonuç verdiğini ifade ediyor. Bunun da iki nedeni var: Birincisi, ışık yolculuğunun büyük bir kısmını havada gerçekleştireceği için camın kalitesi performans üzerinde o kadar etkili değil. İkincisi, kaliteli cam üretimi sırasında yüksek ısı nedeniyle oluşan pürüzlü yüzeyi mikro ölçekte işlemek normal cam yüzeyi işlemekten daha zor oluyormuş.

Tüm bu avantajlara rağmen içi boş fiberde sinyal kayıp oranının klasik fibere oranla 10 kat daha yüksek olduğu söyleniyor. Bu da gelecek için umut verse de şimdilik kullanımı kısıtlayan bir durum. Yine de bu alandaki gelişmelerle son derece yakından ilgilenen bir kesim var: Finans endüstrisi.



Mikrosaniyelerin Sonucu Değiştirdiği Bir Dünya

Her saniye milyonlarca hissenin borsalarda işlem gördüğü ve milyarlarca doların (ya da Türk Lirası, Avro, Sterlin, Yen, Yuan her neyse) el değiştirdiği finans sektöründe bu hareketlerin önemli bir bölümü bilgisayarların yönettiği algoritmalar tarafından gerçekleştiriliyor. Bu alanda rekabet çok büyük ve mikrosaniyeler bile altın değerinde. Hedeflenen işlemi gerçekleştirirken rakip algoritmanın birkaç mikrosaniye gerisinde kalmanız, olası fırsatları kaçırmınıza ve milyarlarca dolarlık avantajı rakiplerinize devretmenize neden oluyor.

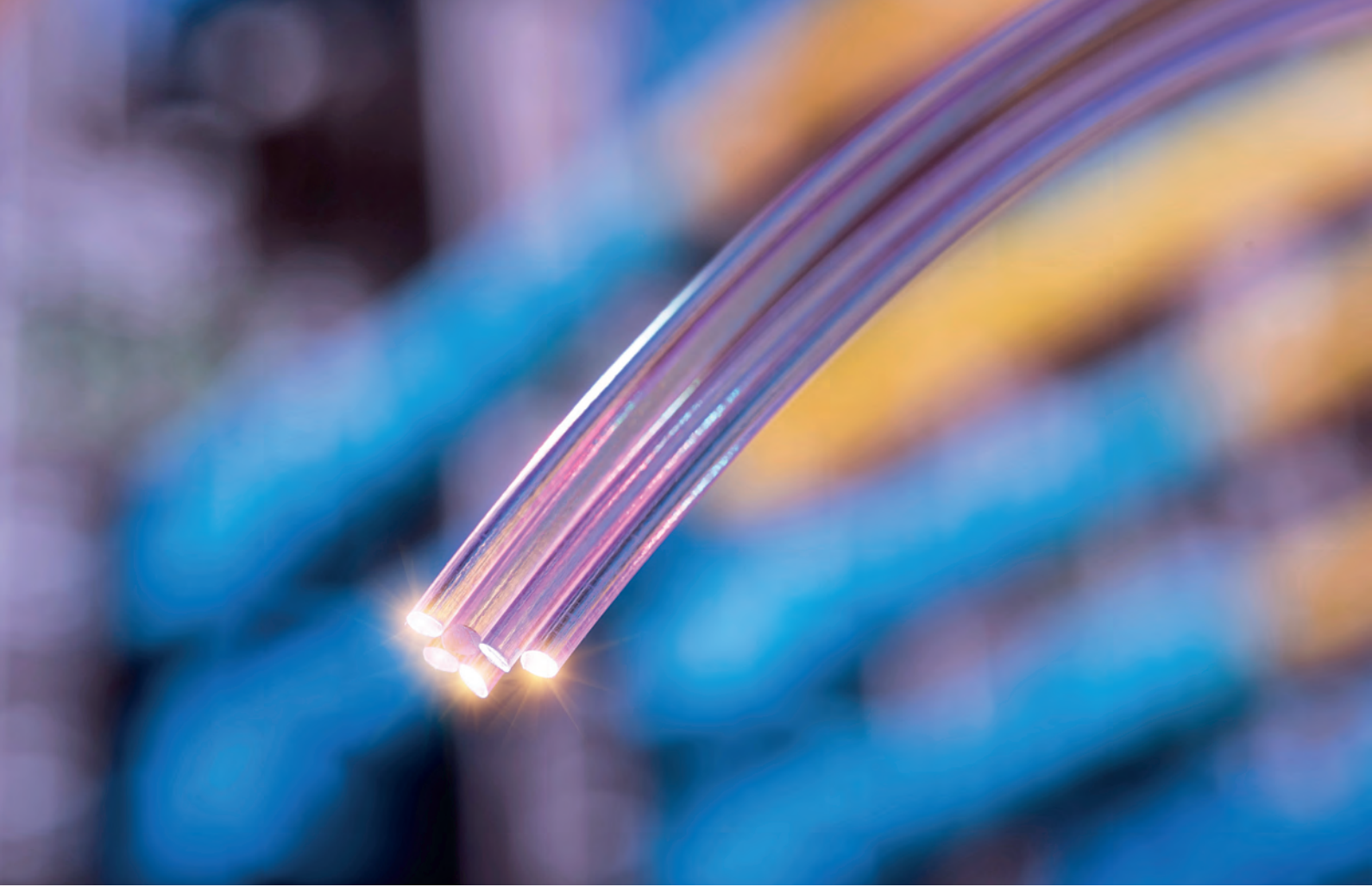


Bu nedenle finans kuruluşları ve bu alanda hizmet veren şirketler, veri merkezi bağlantılarını merkezi telekomünikasyon omurgalarına ve borsa merkezlerine yakın tutmak için büyük yatırımlar yapar. Çünkü mikrosaniyelerin söz konusu olduğu bir yarışta, ışığın uzak mesafeleri aşarken kaybettiği zaman da kazananı belirleyen önemli bir etkidir. Örneğin Wall Street'te bir işlemi gerçekleştirmek için İstanbul'dan bağlantı kurduğunuz ve aynı işlem için New York'ta yerleşik bir şirketle yarışmak zorunda kaldığınızı düşünün. İstanbul'dan verdiğiniz emre dair bağlantı sinyalleri yaklaşık 8 bin kilometrelik yolu 4 milisaniyede kat ederken, New York'taki rakip algoritma çoktan işlem sırasına girip üzerine kahvesini içmiş olacaktır. Dolayısıyla böyle bir durumda sizinle benzer sonucu hedefleyen bir karşı algoritmayla rekabet etme şansınız yok. Peki ya New York'ta yan yana iki şirket kendi aralarında rekabet etme durumunda kalırsa, o zaman kazananı kim belirleyecek?

Biraz yukarıda kırılma indisinden bahsetmiştik. Bu indis, ışığın boşlukta ilerleme hızının (buna c , yani ışık hızı adını veriyoruz) ışığın başka bir madde içinde ilerleme hızına bölünmesiyle bulunur. Örneğin camın kırılma indisi 1,5 civarındadır. Bu da ışığın cam içinde saniyede 300 bin kilometre değil, 200 bin kilometreye yakın bir hızla ilerlediği anlamına gelir. Yani fiber bağlantıya "ışık hızında iletişim" dediğimizde aslında tam da doğru bir şey söylemiş olmuyoruz. Çünkü mevcut fiber kablolar ışık hızını limitlerine kadar zorlayamıyor.

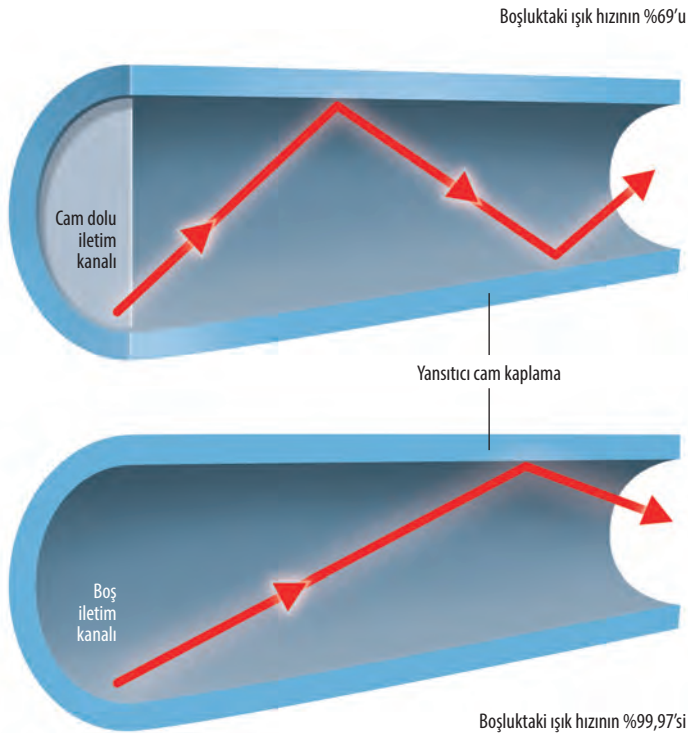
İçi boş fiber işte bu nedenle gecikmenin önemli olduğu noktalarda özel bir önem kazanıyor. Zira aynı veriyi karşıya neredeyse %50 daha hızlı iletme avantajına sahip oluyorsunuz. Üstelik bu durum sadece gecikme süresini azaltmakla kalmıyor, kablunun veri aktarım kapasitesini de aynı oranda artırıyor. Yüksek sinyal kaybı ve zahmetli üretim süreçleri nedeniyle bu tür kabloların yaygınlaşması zaman alacak olsa da, kısa mesafe iletişimde sağladığı hız avantajı bu alana yatırım yapmaya hazır bazı kesimlerin şimdiden ilgisini çekmeye başlamış bile.





Havanın Üstünlüğü

İçeride boş fiber camla dolu fibere göre veri iletiminde büyük avantaj sağlıyor.



Işığa Farklı Açılardan Bakmak

Şaç teli inceliğindeki cam tüpün içini boşaltıp üstüne bir de içini iğne oyası gibi işlemek zor diyenler için malzeme yerine ışığa odaklanan bir başka yöntem daha gündemde: Yörüngesel açısal devinime odaklanmak (*Orbital angular momentum*).

Bunun ne demek olduğunu daha iyi anlamak için bu kez kablunun yapısını es geçerek ışığın içeride nasıl yol aldığından kısaca bahsetmekte yarar var. Fiber iletişimde karşı tarafa belli frekans aralığında bir ışın demeti yollarsınız. Ancak tek bir ışık huzmesinin sadece bir blok veri taşınması gerekmez. Bunun yerine ışın demetini kendi içinde farklı frekanslara ayırarak her bir frekansa farklı bir veri bloğu yerleştirebilirsiniz.

Şu anki ticari sistemler, fiber içinde yol alan ışığın dalga boyunu 160 parçaya kadar ayırıp her parçaya farklı bir veri bloğu yerleştirebiliyor. Böylece bir fiber telinden saniyede 1,6 terabit veri aktarılabilir. Bu her biri 6 megabyte yer kaplayan 34 bine yakın şarkının veya 4 GB yer tutacak şekilde yüksek kaliteli kodlanmış 250'ye yakın filmin sadece bir saniyede aktarılması demek. Buna frekans kaydırmalı anaharlama (*frequency shift keying*) adı veriliyor.

Fiberoptik kablolar üzerinden taşınan veri miktarını artırmak için kullanılan başka yöntemler de var. Örneğin ışığın şiddetini belli bir düzene bağlı olarak değiştirip bu değişimlerin içine yeni bir veri akışı kodlayabilir (genlik kaydırmalı anahtarlama - *amplitude shift keying*) veya ışığın fazıyla oynayarak veriyi faz değişimleri eşliğinde aktarabilirsiniz (faz kaydırmalı anahtarlama - *phase shift keying*).

Ancak tüm bunları kullanabilmeniz için uymamız gereken bazı kurallar var. Sınırları fazla zorlayacak olursanız farklı frekanslardaki verilerin birbirine karışmasından veri kaybına kadar, bir dizi istenmeyen duruma neden olabiliyorsunuz. Yörüngesel açıl devinim kavramı da bu noktada devreye giriyor.

Bu sistem, en kaba şekliyle ışığın yol alırken spiral şeklinde hareket etmesini temel alıyor. Üstelik bu spiral hem saat yönünde, hem saat yönünün tersinde limitsiz biçime sahip olabiliyor. Dolayısıyla spiralin şeklini ve yönünü kontrol altında tutacak bir sistem kurgulayabilirseniz, kullandığınız her frekans aralığı için bu sistemi defalarca yeniden tanımlayabilirsiniz. Yoğun trafikte sıkışıp kalmışken hemen yanınızda gideceğiniz yöne doğru mucizevi bir şekilde bomboş bir yol daha, üstüne bir yol daha ve bir tane daha açtığınızı ve bunu sonsuz defa yapabildiğinizi düşünün. İşte yörüngesel açıl devinimi kontrol altında tutabilirseniz, fiberde yaşatacağı etki de yaklaşık olarak buna benzecek.

Peki bizi durduran ne?

Işığın bu özelliğini kontrol altına almanın zorluğu bir yana, bu tekniği uygulamak da fiber kabloların yeniden tasarlanmasını gerektiriyor. Bu sistemi kullanabilmek için merkeze geleneksel fiberin tersine kırılma indisi düşük, onun etrafına da kırılma indisi yüksek bir madde yerleştirmek zorundasınız. Dahası kırılma indisi, merkezdeki maddeninkiyle onun üzerindeki yansıtıcı yüzeyinki arasında bir değerde olan, üçüncü bir katmana ihtiyacınız var. Bu da merkezle yansıtıcı yüzey arasındaki kırılma indisi değerlerinin aralığının yüksek olmasını gerektiriyor. Bu koşulları sağlamanın yolu kablonun ortasını vakumla doldurmak. İlginç bir şekilde bu aralar fiber kapasitesini artırmaya yönelik tüm çabalar dönüp dolaşıp kablonun içini dolduran camı atmaya varıyor.

Sonuçta yine boş fiberde karşılaşılan sorunla karşılaşılıyorsunuz: Yansımalar nedeniyle farklı yörüngesel açıl devinimi olan huzmelerin birbirine karışması, ışık dağılımının kontrol altına alınmasının zorlaşması ve tüm bunlara bağlı olarak da özellikle uzak mesafe veri iletiminde hata oranlarının artması.

Ars Technica'da yer alan makale şu an bu yöntemin 6 kilometreye kadar etkili olabileceğini ifade ediyor. Kıtalararası veri iletişimde kullanmak için henüz erken olsa da, yakında bu sistemi veri merkezlerinin iç iletişimde kullanılırken görebiliriz.

Geleceğe Doğru Adım Adım

Cisco'nun Visual Networking Index araştırmasına göre 2020 yılında internet ağlarına kayıtlı cihaz sayısı dünyadaki insan sayısının üç katına ulaşacak. Günümüzde bir ay içinde internet ağlarında paylaşılan video içeriğini bir kişi baştan sona oturup izlemek isteseydi 5 milyon yıl boyunca ekran başından kalkamazdı. Sadece 15 yılda veri kullanımı 400 milyon kat artan mobil cihazların sayısı sekiz kat artacak. 2020'de aylık kullanım 133 petabyte seviyesine ulaşacak.



Yaklaşan bu gelecek yüzünden tüm dünya veri iletimi konusundaki gelişmelere gözünü dikmiş durumda. Neyse ki teknolojik gelişim de boş durmuyor. Bu yılın Mart ayında Illinois Üniversitesi araştırmacıları fiber üzerinden 57 gigabit hızında veri aktarabildiklerini açıkladı. Dolayısıyla bu alanda yeni gelişmelere imza atarken, mevcut teknolojinin sınırlarını zorlamaya da devam ediyoruz.

Yani biraz daha vaktimiz var. Ama çok değil. Rahatlamaya yetecek kadar hiç değil.

Kaynaklar

- <https://www.newscientist.com/article/mg23030753-300-the-pipes-powering-the-internet-are-nearly-full-what-do-we-do/>
- <http://arstechnica.com/science/2016/08/orbital-angular-momentum-states-may-vastly-increase-fibers-bandwidth/>
- <https://news.illinois.edu/blog/view/6367/341965>
- <http://www.cisco.com/c/dam/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.pdf>