

IŞIK IŞINI ÜZERİNDEKİ HABERLER

Gerhard GRAN

Haberleşmenin başlangıcında davullar, duman ve ışık vardı. Bugün ise haberler elektromanyetik sinyallerle gönderiliyor. Geleceğe ait ihtiyaç bunlarla karşılanabileceği halde, şimdi tekrar ışıktan faydalanılmak isteniyor: Laser sistemleri modern haberleşmeyi bugün için tamamlayacaklar. Yarı ise tamamiyle rakipsiz onların yerini alacaklar.

Hepimiz, haberlerin bize, ta evimize kadar elektromanyetik sinyaller şeklinde (telefon, radyo, televizyon gibi) gelmesine alışmışızdır. Biz istediğimiz anda haberi "dondurabilir" ve tekrar "buzlarını çözebiliriz", (teypler, plâklar, hattâ yeni resim bant veya plâğı gibi). Fakat bu ses ve resim cihazlarının düğme veya tuşlarını bir kere karıştırdık mı, şaşırır kalırız. Böyle bir cihaz satın alırken de daha iyi bir durumda değiliz. Satıcının söylediği şeyler veya katalogdaki bilgiler bizim için pek anlaşılır şeyler değildir. Kafamızda bir çok soru işaretiyle aldığımız cihazın parasını öderiz.

Su Dalgasından Laser'e Kadar

Yukarıda anlatılan durum karşısında Laser ile bir haberleşmenin anlaşılması, esas kavramları bilmeden mümkün değildir. Daha fazla ilerlemeden okuyucularımız arasındaki sabırsızları tatmin etmek üzere şunları söyleyelim: Laser'ler özel bir tür ışık üreten cihazlardır, işte bu ışıkla birçok başka şeyler yapıldığı gibi, büyük ölçüde haberler de bir yerden bir yere iletilir. Fakat biz bugün yaptığımız şeyleri başka bir şekilde yapmanın değip değmeyeceğini anlamak istersek, herşeyden önce bir kaç sorunun cevabını bulmak zorundayız. Örneğin, bir haber nasıl gönderilir?

İçimizden herbiri bir göl veya havuzda bir su dalgası görmüştür. En basit bir dalganın enstantane bir resmi Sinüs dalgasıdır. O dalga tepelerinin yüksekliği, dalga boyu ve faz hızı ile belirlenir. Dalganın üzerindeki değişik durumları iyice açıklayabilmek için dalga boyu 360°'ye bölünür. Bu fazdır.

Dalganın frekansı bir saniyede önümüzden geçen dalga tepelerinin sayısıdır. Bu Herz (Hz) ile ölçülür. Şu halde 17 Hz deyince, bu bir saniyede önümüzden 17 dalga tepesinin geçmiş olduğu anlamına gelir. Bu sayı elektromanyetik dalgalarda çok yüksek olduğundan bunlar için aşağıdaki kısaltmalardan faydalanılır:

1 Kiloherz (1 K Hz) Bin Herz
1 Megahertz (1 M Hz) Bir milyon Herz
1 Gigahertz (1 G Hz) Bir milyar Herz
1 Terahertz (1 T Hz) Bir milyon Herz

Dalga tarafından bir saniyede katedilen mesafe, yol, faz hızıdır ve frekans ile dalga boyunun çarpılması ile bulunur.

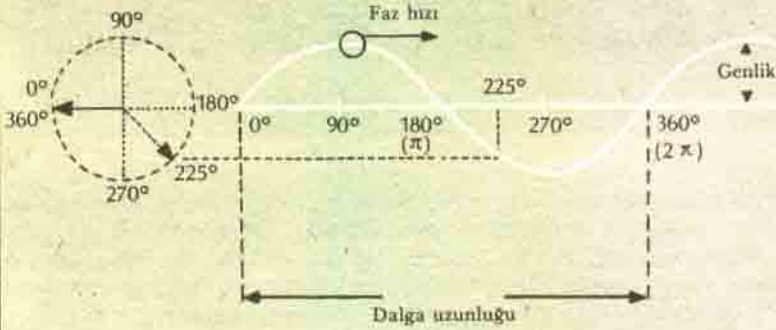
İki sinüs dalgası bir üçüncü dalga oluşturacak şekilde toplanırsa, sonuç bir sinüs dalgası değildir. Değişik frekanslı, (amplitütlü) genlikli ve başlangıç fazlı yeter derecede çok sinüs dalgasının toplanmasıyla, bu yüzden düşünülebilen her türlü dalga elde edilebilir. Öte yandan her dalga onu oluşturan sinüs dalgasına dönüşebilir.

Konuşmaların iyice anlaşılabilmesi için frekansı 300 Hz ile 4,3 K Hz arasında olan sinüs dalgalarına ihtiyaç vardır. Yani konuşmaların, dilin, bant genişliği, yani içinde bulunan en yüksek frekansla en alçak frekans arasındaki ayrım, 4 K Hz'dir. Bunu verecek her araç en aşağı bu bant genişliğini iletebilmelidir.

Bir haberleşme kanalı üzerinden, muhtemelen, birbirlerini bozmadan birçok konuşma aynı zamanda iletilir. Bir çocuk toplantısında tabii bu olmaz, çünkü onların hepsi aynı zamanda bağırıp çağırırlar. Burada havada da 4 K Hz bant

Bir Sinüs Dalgasının Ögeleri

Burada en basit şekilde gösterilen bir sinüs dalgası (amplitüt) genlik, dalga uzunluğu, başlangıç fazi ve faz hızı ile karakterize edilmiştir. Fazlar derece ile verilir, çünkü her andaki dalga yüksekliği bir saatin yelkovanını çevirmekte elde edilebilir.



genişliğinde bir "haber salatası" meydana gelir ve bunun içinden dinlenmesi istenilen bir şeyi ayırmak olanaksızdır.

Fakat bir büyücü buna pek güzel çare bulabilir. O konuşanlardan birinci çiftin kulaklarını ve gırtlığını o şekle sokar ki, onlar yalnız 0 K Hz ile 4,3 K Hz arasındaki frekansları işitebilir ve oluşturabilirler. İkinci çiftte gelince onlar da 4,3 ile 0 K Hz arası bir frekans, üçüncü çift ise 8'den 12 K Hz'e kadar ayar edilebilen bir frekansa sahip olur ve bu böylece bütün çocuklara uygulanır. Böylece her çiftin 4 K Hz genişliğinde bir bandı olacak, bu bant içinde kimseyi taciz etmeden konuşacak ve dinleyebilecekti. Böylece ortaya bir "frekans çokluğu" veya "frekans multipleks" çıkmış olur.

İşte haberleşme de tamamiyle bu prensipten faydalanılır, tabii ses dalgalarıyla değil, elektromanyetik dalgalarla ve bunlar bilindiği gibi ışık hızıyla gidip gelirler. Elektronik şemalarla haberlerin frekans durumunu, bant genişliğini aynı tutmak şartıyla; istediğimiz gibi değiştirebiliriz. Gerek radyo ve gerek televizyonumuza gelen her haber en aşağı altı kez bu şekilde, sinyallerin gönderilmesi, alınması ve büyütülmesi için gerektiği kadar ileri geri itilir, kakılır.

Frekans durumunun değiştirilebilmesi için sinüs dalgası jeneratörlerine ihtiyaç vardır. İlk olarak 1960'da bulunan laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) sayesinde ışığı da sinüs dalgası olarak üretebiliriz. Şimdiye kadar ışıkla neden frekans multipleks sistemiyle haber iletiminin yapılamamasının nedeni budur.

Elektrik cep lambaları, flüoresans tüpleri veya ark lambaları hiç bir sinüs dalgası üretemezler, onlar yalnız bir "dalga salatası" meydana getirirler, tıpkı bir havuza bir avuç dolusu çakıl taşı atılınca oluşan dalgalar gibi.

Laserle ise bir haber iletimi kabildir, fakat buna neden lüzum görülmüştür? Radyo ve telefon bize yetmiyorlar mı? Sorunu miktar bakımından bir inceleyelim, Konuşma için 4 K Hz'lik bir bant genişliğine, müzikal eserlerin iletimi için ise 15 K Hz'lik bir bant genişliğine ihtiyaç vardır. Bundan çıkan sonuç şudur: Müzikli bir TV programı buna karşılık 8 M Hz'lik bir bant genişliğine ihtiyaç gösterir, böylece bir 8 M Hz'lik bir TV programı yerine yaklaşık olarak 15 K Hz'lik bant genişliğinde 500 radyo programı veya 4 K Hz'lik bant genişliğinde 2000 telefon kanalı çalıştırmak kabildir. 0 Hz'den 1000 G Hz'e kadar sinüs dalgaları üretmenin hiç bir güçlüğü olmadığından Radyo frekans alanında 100 G Hz bant genişliği her zaman elimizdedir. Basit bir bölmeyle bu 100 G Hz bant genişliğine 12.500 TV programı veya 6.250.000 Radyo programı, ya da 25 milyon telefon kanalının sokulabileceği anlaşılır. Tabii böyle bir frekans bandı için verici, alıcı veya büyütücü yapmak kolay bir şey değildir; eşit bir teknikten burada söz edilemez. Peki, şimdi bir de optik alanda ne kadar habere yer vardır, onu düşünelim. Eğer 0,3 ile 3 mikrometre uzunluğundaki dalga boylarını alırsak, bu, "frekans çarpı dalga boyu eşittir faz hızı" formülüne göre 100 T Hz ile 1000 T Hz arasındadır. Bu 900 T Hz'lik bir bant genişliğidir.

Bu bant genişliğinde ise 112,5 milyon TV programı ya da 56.25 milyar radyo programı yer alabilir.

Optik alandaki teknik, radyo frekans alanından daha türeş olmasına rağmen, bunun faydası ilk bakışta ikna edici değildir. Bu rakamların karşısında, 3 TV programının bize yeter derece güçlü çıkardığına göre, 112,5 milyonla uğraşmanın ne anlamı vardır, denilebilir. Fakat bütün bunlara ek yeni bir görüş karşımıza çıkmaktadır.

Bu söz edilenlerden çok daha mükemmel iletme yöntemleri vardır, fakat ne çare ki bunların hepsi daha büyük bant genişliklerine ihtiyaç gösterirler.

Kilitlenmiş Haberler

Bizim doğrudan doğruya işittiğimiz ve gördüğümüz yerini değiştirmeyen frekans durumunda gereken band genişliği konuşma için 4 K Hz, müzik için 15 K Hz ve televizyon için de 8 M Hz

dir. Buna temel bant genişliği adı verilir. Temel bant yalnız frekans durumunda yer değiştirirse, ki bunu şimdiye kadar hep öngörmüştük, böylece göresel parazite maruz "(amplitüt) genlik modüle edilmiş" (AM) sinyalleri elde edilir. Bunlarda yer değiştiren haber sabit frekanslı bir dalga gibi gözükür. Frekansın yerini değiştirmekten başka bir haberi, daha az parazite maruz bırakmak için "kilitlemek" de kabildir. Fakat bu gereken bant genişliğini büyütür. "Frekans modülasyonu" adı verilen (FM) sinyallerinde yer değişen, kilitlenmiş haber artık sabit amplitütlü bir dalga şeklinde görünür; fakat frekansı yer yer değişik olur. Bu yönden beş kat daha fazla bir temel bant genişliğine ihtiyaç gösterir: Bir telefon konuşması için 20 K Hz ve bir radyo programı için de 75 K Hz. Birçok programlar da tekrar frekans durumu ile birbirinden ayrılır (UKW - radyo), o zaman bir frekans (çokluğu) multipleksi ile karşı karşıyayız demektir. (Pulscod modülasyonu) Darbe Kod Modülasyonu'lu haberlere gelince

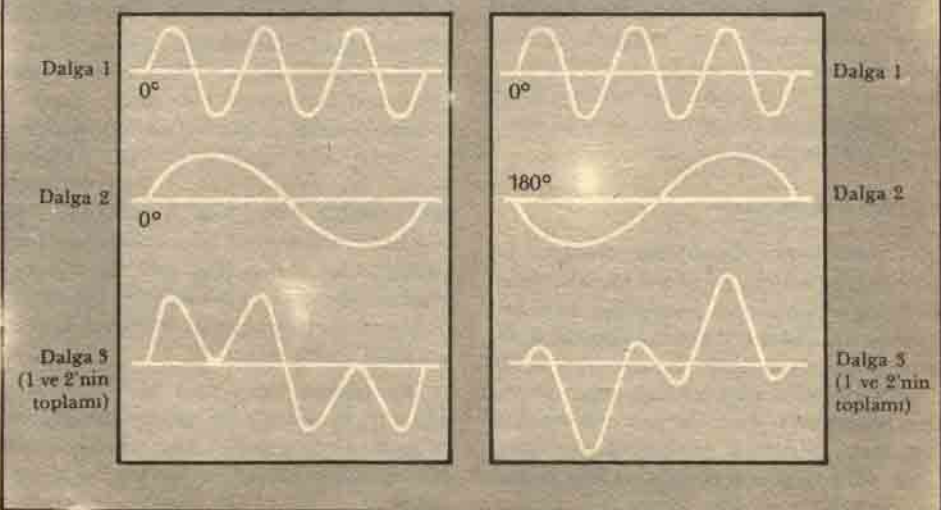
Bir Cam Lifinin İçindeki Işık Işınları

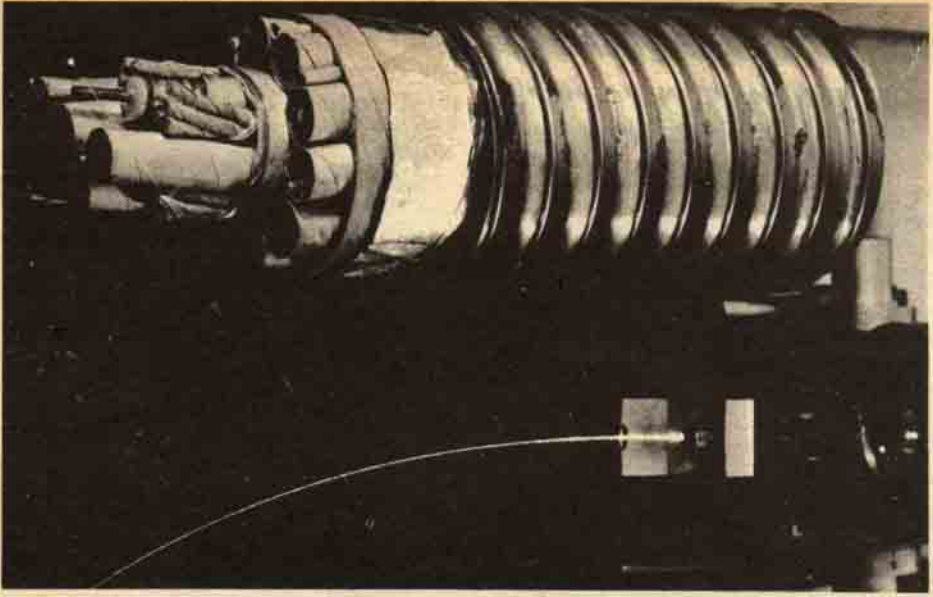
Tam yansımaya sayesinde ışık cam içinde tutulur ve laser'in kıvrımlarını izler.



Sinüs Dalgalarının Birbirinin Üzerine Binmesi

Herhangi bir dalga sinüs dalgalarının toplamı sayılabilir.





bunlarda daha da az parazit vardır (PCM). Burada şu yasa hüküm sürer: Bir haber, ondan her saniyede temel bant genişliğinin Hz cinsinden verdiği kadar örnek (veya enformasyon) bilindiği takdirde, alınmış olur. Bir örnek: Temel bant genişliği 4000 Hz olan bir konuşmadan her saniyede 1/8000 saniye ara ile 8000 enformasyon bilinmelidir. Bu enformasyonlar kilitlenir. Her enformasyon birbirini izleyen yedi sıfır ve birlerle (Bir = akım var, sıfır = akım yok) gösterilir. Buna ek olarak çağrı ve açıp kapama sinyalleri için de sekizinci bir darbe vardır. Burada artık teker teker darbelerin büyüklüğü bir rol oynamaz. 1/8000 saniye aralıklı 8000 enformasyon ve her enformasyon 8 muhtemel darbe ile kilitlenmiş olarak, saniyede 64.000 muhtemel darbeye kadar mümkün kılar. Her darbe bir tepe olarak düşünülebildiğinden bir PCM konuşma kanalı için 64 K Hz'lik bir bant genişliğine ihtiyaç olur. Kilitlenmeden sonra bant genişliği temel bant genişliğinin 16 katıdır.

Senkronize Konuşmalar

Bir haberleşme kanalından örneğin, on PCM— Konuşması için birçok kez faydalanılması istenilirse, o zaman bir konuşmayı niteleyen darbelerin uzunlukları 1/10 uzunluğunda alınır. Bunun sonucu olarak öteki 9 konuşmayı 1/64.000 saniyenin çerçevesi içine sokacak, yeter derecede yer açılmış olur. Artık hat üzerinde saniyede 64.000 darbe meydana gelebileceğinden band genişliği 640 K Hz olur ki böylece bir konuşmanın band genişliğinin on katı olmuş olur. Önemli

olan şey şudur ki: Darbe kod Modülasyonu (multipleksi) sinyalde tek tek konuşmalara ait frekanslar değil, bu konuşmalara ait olan zaman planlarının durumuna göre meydana getirilir. Buna zaman kompleksi denir. Birçok aboneli olan böyle bir şebekede haberleri serbest zaman yerlerine bağlamak ve bir alıcıya ait olan haberleri doğru zaman yerlerinden okumak güçtür. Hepsi senkronize olmalıdır.

Başka bir yöntem de ise yalnız karşılıklı konuşan iki kişi senkronize olmalıdır. Her aboneye sıfırlar ve birlerden oluşan bir "kod kelimesi" verilir. Her abone öteki bütün abonele- rin kod kelimelerini bilir. Bay A. Bay B ile şöyle bağlanır: Eğer o ona bir "sinyal vermek isterse, B kod kelimesini hatta söker. Bir "sıfır" göndermek isterse, şebekeye hiçbir kod kelimesi yollamaz. Bay B şebekede dolaşan bütün kod kelimelerini kendi kod kelimesiyle karşılaştırır. Kendi kod kelimesini bulunca, kendini bir "bir" gönderildiğini anlar, aksi takdirde bir "sıfır" kaydeder. Bunun sakıncası, kimse B kod kelimesinin göndermediği halde Kod B şebekedeki daha başka kod kelimelerinin biri biri üzerine yığılması yüzünden anlaşılmaz hale gelir. Bu sakıncanın ortadan kalkması için kod kelimesi başına düşen muhtemel darbelerin sayısı abonelerinkinden 15 kez daha büyük seçilir.

Bu yöntem hangi bant genişliğine ihtiyaç gösterir? 10 aboneli bir şebeke kabul edelim. Konuşma çerçeve süreli 1/64.000 saniye tutan bir PCM konuşma sinyalinin her sıfır veya birinin yerine $15 \times 10 = 150$ muhtemel darbeli kod

1/10 mm den daha küçük dış çapı olan bir cam lifi üzerinde görülen koaksial kablolarının iletime kapasitesine eşit kapasiteye sahiptir. (Solda)

Cam lif hatlarının birleştirilmesi (akupmanı). (Sağda)

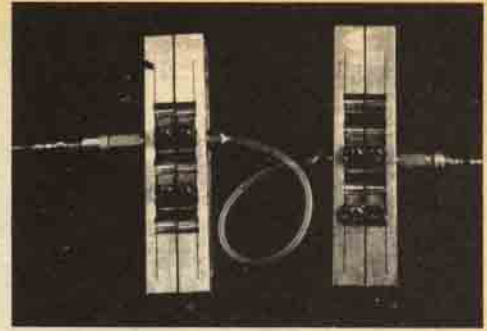
kelimesi geçer. Bu 150 darbenin çerçevede yer sahibi olmaları gerektiğinden bir tek darbe, 1/9600000 saniye uzunluğunda olmalıdır. Bu yüzden Multipleks sinyalin band uzunluğu 9,6 M Hz, yani PCM—Multipleks sinyalin 15 kez daha genişi (640 K Hz) ya da on konuşma sinyalinin bant genişliğinin 240 katı (40 K Hz) olmalıdır. Konuşmalar ne frekans durumu ne de zaman planları aracılığıyla birbirinden fark edilir, tersine kod kelimeleriyle birbirinden ayrılır. Burada söz konusu olan bir kod multipleksidir.

Böylece Kod multipleksi sinyalleri için radyo frekans alanında yalnız 50 TV programı, ya da 25.000 Radyo programı yahut 100.000 telefon görüşmesi için yer vardır. Gerçi bu optik alana geçmek için yeterli bir sebep sayılmaz. Bu ancak gelecekteki ihtiyacın o kadar fazlaşması ve radyo frekans alanlı frekans multipleksinde de yer olmaması halinde düşünülebilir.

Bu yüzden geleceğe ait bazı varsayımlar: Halen dünya haberleşme (trafik) hatlarında 12 M Hz bant genişliği olan ve koaksiyal kablo adını alan bir kablo kullanılmaktadır. Bu frekans multipleksinde her konuşma başına 4 K Hz'te 3000 konuşma devresi demektir. Teknik bakımdan ise yalnız 2700 konuşma yapılabilmektedir. 10.800 konuşma devresi çalıştıracak 55 M Hz'lik kablolar denenmektedir. Böyle 12 kablodan bir demet yapmak ve bu şekilde 1980'de hat başına 130.000 konuşma devresi elde etmeğe çalışılmaktadır. 2000 yılı için tasarlanan yüksek ihtiyaç (telefon, resimli telefon, veri iletimi, Konferans televizyonu) ancak hat başına 110.000 konuşma devresiyle karşılanabilir. Böylece halen elde bulunan şebekeleri biraz daha yüksek verimli çalıştırma suretiyle yeni bir şeye gerek yoktur.

Fakat başka bir noktanın daha göz önünde tutulması gerekecektir. Telefon, radyo, televizyon ve teleks bugün ayrı ayrı şebekeler üzerinden çalışmaktadır. Şebekeler merkezden yönetilmektedir ve istenildiği kadar büyütülebilecek bir kapasiteye sahip değildir. Öte yandan şebekeleri istenilen her yerden haberle besleme olanak yoktur. Buna göre şunlar istenilebilir:

● Entegre bir şebeke, yani haberler ve haberleşme sinyallerinin akla gelen bütün türleri bir tek ve aynı haberleşme kanalından geçerler.



● Her noktadan beslenebilen bir şebeke, yani her abone her türlü haberleşme şeklini şebekenin her noktasından merkezin yönetimi olmadan alıp verebilecektir.

Her Noktadan Beslenebilen Entegre Şebeke

Bunun yararları açık ve seçiktir. Örneğin böyle bir durumda ek konferans kanalları kolayca ve hiç bir sorun çıkarmadan eklenebilir. Bir alıcı her yerde çalışmaya hazırdır; haberler gidecekleri yerler nerede olursa olsun gidebilirler. Santrale gerek olmayınca şebeke istenilen her yerde, istenildiği kadar uzatılabilir, bundan başka kamu araçlarından tasarruf edilmiş olur. Alınacak ücret herhangi bir şebeke noktasında alınabilir.

Böyle her noktada beslenebilen entegre bir şebeke nasıl gerçekleştirilebilir? Şebekenin her noktasında bütün haberler mevcut olduğundan, o en aşağı bütün temel bant genişliklerinin toplamına eşit olacak kadar geniş bantlı olmalıdır. Prensipten bakıldığında her noktada besleme sistemleri frekans zaman ve kod kompleks sistemlerinde düşünülebilir, fakat pratik bakımdan yalnız zaman multipleks ve kod multipleks sistemlerinde uygulanabilir ki bunlardan sonuncusu bütün abonelerin ortak senkronizasyonu bakımından tercih edilmelidir. Bunun mânası, her noktada beslenen entegre şebekeler yalnız aşırı derecede geniş bantlı —hiç olmazsa kablo başına 1 G Hz— küçük ölçülerde olagandır ve aynı zamanda sinyaller için küçük gönderici, alıcı ve yükselticiler de bulunduğudur.

Bütün bu istekler yalnız Laser ile yapılan bir haberleşmede yerine gelebilir. Tamamiyle özel bir Laser olan Galliumarsenid yarı iletken laser için ki bunun esas malzemesi yüzde birkaç milimetrelük ölçüleriyle galliumarsenid - yarı iletken kristaldir. Uygun bir ön muameleden sonra elektrik akımı verilince dalga uzunluğu 0,85 um (mikrometre) olan bir ışık yayımlar. Işı yöneten akım bir zaman multipleksinden veya bir kod multipleks sinyalinden meydana gelirse



Elemanların küçüklüğü yüzünden —hepsi milimetrenin onda biri kadar veya daha küçüktür— bütün montaj işleri mikroskop altında yapılmak zorundadır, özellikle yüzey dakikliği ve optik saflık bakımından. Burada bir cam lifi incelenmektedir.

böylece oluşan ışık, ışık arklarından bir araya gelir. Yani Laser saniyede on milyarda bir kadar yanıp söner ve böylece haberleşme için 10 G Hz'lik bir bant genişliği emre hazır bulunur.

Laser ışığı, ortasında yaklaşık 2 mikron kalınlığında yüksek kırılma kat sayışı (endeksi) olan camdan bir çekirdek bulunan bir cam lifin içine doldurulur. Bu çekirdek bir bahçe hortumunun suyu ilettiği gibi ışığı o kadar güzel iletir ki, bir kilometre sonra başlangıç gücünün dörtte biri geri kalır. Bu 60 M Hz'lik bir koaksiyal kabloya oranla 25 kat daha az bir kavıp demektir. Alıcı olarak yine uygun şekilde muamele görmüş bir galliumarsenid kristalinden faydalanılır, bu da ışık şimşeklerini elektrik akımı titreşimlerine dönüştürür ve bunları büyütür. Akım titreşimleri elektriksel küçük, kompakt yarı iletken yapı elementleriyle bir miktar daha şiddet kazanırlar ve başka bir laserden ışık şimşekleri çekmek için kullanılır ve bunlar da başka bir cam lifi üzerinden bir foto ioda gider.

Bir lif üzerinde 150.000 abone

Böyle bir sistem neler yapabilir? Kilometre başına 5 gramlık bir cam lifi hiç bir bozuntu olmadan 1 G Hz iletir. PCM tekniğinde her konuşma kanalı başına 64 K Hz ile bir tek lif

üzerine 15.000 konuşma yapmak kabıl olacaktır ki bu da pratikte her 10 aboneden birinin aynı anda konuştuğu göz önünde tutulursa 150.000 abone demek olur. Maliyet olarak her konuşma devresi ve kilometre başına 2 DM (10,5 TL.) tahmin edilebilir, ki bu 60 M Hz'lik bir koaksiyal kabloya oranla yarı yarıya ucuzdur. Eğer daha fazla bant genişliğine ihtiyaç olursa, o zaman da daha fazla cam lifli kullanılır, 10.000 liflik bir demetin kalınlığı bir tükenmez kalem kalınlığı kadardır.

Tabii halen çalışmakta olan haberleşme sistemleri bugünden yarına değişecek degillerdir. Laser sistemleri ilk önce mevcut hatları tamamlayacaklar veya küçük abone sayılı entegre şebekeler olarak yapılacaktır. Fakat gelecekte geniş kapasiteli entegre şebekelere ihtiyaç hissedilince, sistemin gereği daha iyi anlaşılacaktır.

Acaba Laser ile haberleşmeye bir rakip var mıdır? Radyo frekanslarında yani milimetrik dalgalarda çalışan ve üzerinden 230.000 telefon konuşması yapılabilen kablonun çapı 5 santimetre civarındadır. Halbuki aynı işi yapabilecek 16 cam lifli bir sistem ancak bir saç kalınlığından daha az kalındır. Hiç olmazsa duygusal olarak böyle bir soruya cevap verilmiş olmaktadır.

BILD DER WISSENSCHAFT'tan